

Jeremias Falck (1619-1679): Nicolaus Kopernikusz arcképe, (a Varsói Nemzeti Múzeum gyűjteményéből, foto : Anna Pietrzak)

KOPERNIKUSZ ÉS KORA

VÁLOGATTA ÉS SZERKESZTETTE:

DR. BARBARA BIENKOWSKA

GONDOLAT • BUDAPEST 1973

TARTALOM

STANISLAW HERBST

Nicolaus Kopernikusz hazája és környezete

I. Kopernikusz hazája

II. Kopernikusz környezete

JERZY DOBRZYCKI

Nicolaus Kopernikusz élete és életműve

Jegyzetek

JERZY DOBRZYCKI

Nicolaus Kopernikusz életének és alkotó munkásságának főbb állomásai

ALEKSZANDER BIRKENMAJER

Nicolaus Kopernikusz, a korforduló csillagásza

Jegyzetek

WLODZIMIERZ ZONN

Nicolaus Kopernikusz, az új csillagászat megteremtője

LEOPOLD INFELD

Kopernikusztól Einsteinig

Johannes Kepler

Néhány szó a kepleri dinamikáról

Kopernikusz és Kepler kinematikája, a newtoni dinamika

Kopernikusz és Einstein elmélete

WALDEMAR VOISÉ

Nicolaus Kopernikusz, a reneszánsz nagy tudósa

A nagy 1543-as év

A kopernikuszi felfedezés útja

Kopernikusz, a Föld áj képének megalkotója

BOGDAN SUCHODOLSKI

Kopernikusz jelentősége a természettudományok és az emberrel foglalkozó tudomány fejlődésében

EDWARD LIPlNSKI

Nicolaus Kopernikusz, a közgazdász

Jegyzetek

BARBARA BIENKOWSKA

A heliocentrikus rendszer körüli viták az európai kultúrában

I. A heliocentrikus rendszer vitáinak korai időszaka (1543—1616)

II. A heliocentrikus elmélet ideológiai és tudományos vitáinak fő időszaka (1616—1687)

III. A heliocentrikus elmélet körüli viták befejező szakasza (1687-től a XVIII. század végéig)

Bibliográfia (Jerzy Dobrzycki válogatása)

Szerzők

NICOLAUS COPERNICUS TORUNII IN PRUSIA NATUS, PATRE NICOLAO COPERNICO, MATRE VERO QUAE ERAT GERMANA SOROR LUCAE A WATZELROD TORUNIENSIS, EPISCOPI VARMIENSIS, PRAECLARE DE RESPUBLICA POLONORUM MERITI IN **CAUSA CRUCIFERORUM**

NICOLAUS COPERNICUS Torunban, Poroszországban született. Apja Nicolaus Copernicus, német származású anyja nővére volt a toruni Lukasz Watzelrode warmiai püspöknek, aki a keresztesek ügyében kiváló érdemeket szerzett a lengyel államnak

(Az egyes tanulmányok előtt álló mottók az első részletes lengyel Kopernikusz életrajzból Szymon Starowolski Scriptorum Polonicorura Hecatontas *[Velence, 1627] című művéből származnak).*

STANISLAW HERBST

NICOLAUS KOPERNIKUSZ HAZÁJA ÉS KÖRNYEZETE

Kopernikusz Torunban született. (Kopernikusz lengyel neve Mikolaj Kopernik. A kor tudósaihoz hasonlóan azonban ő is neve latinos alakját használta: Nicolaus Copernicus. Nálunk e név magyaros írásmódja annyira elterjedt, hogy ettől mi sem térünk el.)

Eleinte valószínűleg a szomszédos Chelmnóban tanult, majd ötévi krakkói és nyolcévi olaszországi tanulmány után már érett férfiként a warmiai egyházmegye kanonokja lett a lidzbarki püspöki udvarban. Az olsztyni káptalani birtokok jószágigazgatóságán is tevékenykedett, leghosszabb ideig azonban a fromborki katedrálisban élt. Sokszor utazott innen a porosz tartománygyűlésekre, kétszer látogatott cl a fővárosba Krakkóba s egy alkalommal Poznanba.

Kopernikusz hazája: az egykori királyi Poroszföld Warmia földjével és a csillagász szülővárosával, Torunnal. E területek 1454óta Kopernikusz tágabb hazájához, a lengyel államhoz tartoztak. Beszélhetünk legtágabb értelemben vett hazáról is: a tudósok és a XV-XVI. századforduló európai kultúrájának egyetemes államáról.

I. KOPERNIKUSZ HAZÁJA

A litván nagyfejedelemséggel 1386-ban unió formájában egyesült lengyel királyság a jagelló-dinasztia uralkodása alatt a XV. század második felében Európa legkiteijedtebb állama volt. 1453-ban a törökök elfoglalták Konstantinápolyt, ennek folytán a földközi-tengeri kereskedelem lehanyatlott, s az európai gazdasági élet súlypontja áttolódott a Baltikumra, és egyben a lengyel-litván

nyersanyag hátországra, amelyet átszeltek az orosz nyersanyagokat szállító nagy szárazföldi tranzit útvonalak. Nyugat-Európa demográfiai és termelési fejlődése megnövelte a keresletet a gabona, a rostnövények és az erdőgazdasági termékek importja iránt. 1480 körül a balti-tengeri kereskedelemben fordulat állt be. A nyugat-európai kereskedők mindenekelőtt a hollandok megdöntötték a Balti-tenger nyugati részén a Hanza-városok addigi egyeduralmát, és közvetlen kereskedelmi kapcsolatot teremtettek a Balti-tenger keleti kikötőivel, mindenekelőtt a lengyel kikötőkkel: Gdanskkal, Elblaggal és Braniewóval. A gabonaárak emelkedése ösztönzőleg hatott a növénytermesztés fejlesztésére, főként a kiviteli felesleg termelésére alkalmas mezőgazdasági nagybirtok kialakulását serkentette. Az Elbától keletre a nagybirtokok, az úrbéri majorságok kiépülése folytán a mezőgazdasági termékek ára aránytalanul gyorsan megnőtt a kézműipari termékek árának és a béreknek a növekedéséhez viszonyítva. A XVI. század húszas éveitől kezdve egyre szélesebbre nyílt az árolló, főleg azért, mert a hagyományos kézműipar nem tudott lépést tartani a manufaktúrában szervezett termelés fejlődésével, mivel az ehhez szükséges anyagi eszközöket csak a kereskedelmi tőke és a nagybirtok tudta biztosítani.

A nagy területű lengyel-litván állam a gazdasági fejlődés szempontjából csak lassan összeforró differenciált szervezetet jelentett, amelyben sok nemzetiséghez és valláshoz tartozó emberek éltek. Lengyelek voltak a legtöbben, mellettük sok pravoszláv ruszin, litván élt itt, kisebb csoportokat alkottak az örmények, a muzulmán tatárok és a judaizmus hívei: a zsidók és a karaiták. A nagyobb városok gazdagabb rétegeit a lengyelekhez asszimilálódó németek alkották. A kisebb városokat csaknem kizárólag lengyelek lakták.

Sajátos arculatú volt a Jagelló birodalom szélén elterülő Poroszföld, amelyet a német lovagrend a XIII. században hódított meg. A szlávokkal és balti poroszokkal benépesített területet a németek részben kolonizálták. A poroszok két övezetben laktak: az általában igen termékeny balti-tengeri partvidéken, és a mai napig is erdőkkel borított morénás tóvidék dombjain. Ezt a természetes sáncot a jellegzetes és a jó termőföldje miatt régóta művelt széles Visztula-völgy szelte át. Ehhez csatlakozott a Hollandiában kidolgozott

módszerekkel megerősített és állandóan növelt Visztula-delta.

A XIII. és a XIV. században a leigázott őslakosság elégedetlensége többször tört ki felkelésben. A Poroszföldön védekezésül sűrű erődrendszert építettek ki, amely 120 szerzetesi és püspöki várból, valamint a védelmük alatt keletkező városokból állt. A nagy városok felkelése idején a polgárok lerombolták a keresztesek várait, a városi erődítményeket pedig korszerűsítették.

A XV. században ismét kiélesedctt az ellentét az új telepesek és a lovagrend között. A keresztes állam poroszországi földjeinek nemessége és polgársága, nemzetiségre való tekintet nélkül, 1454-ben felkelést szervezett a lovagrend gazdasági elnyomása és zsarnoksága ellen. A lovagrendi földekhez gazdaságilag és kulturálisan szorosan kapcsolódó lengyel királyság segítségét kérték tervükhöz.

A háborúnak, amelyet a királyi Poroszföld és a lengyel királyság hatalmas anyagi erőfeszítésével zsoldos katonák vívtak meg, fontos világnézeti jelentősége volt. A hagyományos egyházi intézménnyel, így a keresztes lovagrenddel és annak a német-római császársághoz tartozó államával szemben állt az alattvalóknak az a joga, hogy az igazságtalan hatalom ellen felkeljenek. E jog koncepcióját a porosz városok megbízásából lengyel teológusok dolgozták ki. A lengyel királyság és a királyi Poroszföld legyőzte a kiátkozással okozott válságot, a lovagrend ugyanis csalárd módon megszerezte a kiátkozás jogát a megvesztegethető római Kúriától. A tizenhárom évig tartó háború után, 1466-ban megkötött béke véglegesen megpecsételte a lovagrend katasztrófáját ezen a területen. A rend nagymestere, eddigi hatalma egy részének megtartása mellett, a lengyel királyság hűbérese lett.

A király közvetlen fennhatósága alatt álló területek és a hűbéri földek között megállapított határ eléggé mesterkélt volt, mert a warmiai püspökség csaknem enklávét alkotott, amelyet a királyi Poroszfölddel mindössze keskeny tengerparti sáv kötött össze. A püspökséget szinte teljesen körülzárták a lovagrendnek meghagyott földek.

Az országot gazdasági romlásba sodorta a tizenhárom évig tartó háború (1454-1466), amelynek ütközetei nagy területen, több ízben

nagy létszámú katonai egységek között folytak le. A lakosság emberveszteségе meghaladta az 50%ot, és több mint száz évbe telt, amíg a korábbi lélekszámot elérték. A nagyszerű gazdasági konjunktúra, a korábban a keresztesek kormányzása alá tartozó földek egyesítése a nagy, gazdag birodalommal, a lengyel királytól kapott több privilégium és a széles körű autonómia azonban meggyorsította az újjáépítést és a termelési struktúra átalakulását. Az átköltözési hullám kezdetén, még 1458 előtt érkezett meg Kopernikusz apja Krakkóból Toruiíba és Barbara Watzenrodéval (egyes források szerint Watzelrode a *szerk.)* Lukasz Watzenrode kanonok később warmiai püspök húgával kötött házassága révén bejutott a patríciusok sorába.

A balti-tengeri kikötőkhöz vezető tranzitszállításokból négy Visztula menti nagy város húzott hasznot, minthogy ez a folyó volt a lengyel földek fő szállítási útvonala: Torun, Chelmno, továbbá a Visztula torkolatánál Gdansk és Elblag. E városok patríciusai irányították a gazdasági és politikai életet a tartományban, amely egyébként a porosz királyság legvárosiasabb része volt. A királyi Poroszföld autonómiája, a Lengyelországgal kötött szövetség gazdasági előnyei, Lengyelország kulturális vonzereje és politikai védelme a roskatag császárság és a lovagrend állandóan megismétlődő területi követeléseivel szemben, mind olyan tényezők voltak, amelyek elősegítették, hogy az 1454-ben kötött és a közös háborús erőfeszítésekben megszilárdult szövetség még szorosabbá és maradandóvá váljon.

A német birodalom keleti területeinek mezőgazdasági pangása és a Hanzavárosok hanyatlása idején nemcsak a gazdasági kapcsolatok szélesedtek ki, hanem a németalföldi kultúra elemei is beáramlottak. A gazdagabb polgárok körében elterjedt és különösen népszerűvé vált a tanítással is foglalkozó Közös Élet Testvéreinek (Fratres Communis Vitae) mozgalma és e szervezet modern vallásossága. A kereskedői tevékenységhez szükséges mérlegelő és kockázatot vállaló magatartáshoz a komolyság, az egyszerűség és a szorgalom tisztelete járult. A magukat az írásnak és az oktatásnak szentelő, de kapcsolatukat a világgal fenntartó testvérek körében általános volt a tiszta latinságra való törekvés és az ókori irodalom iránti érdeklődés. Chelmnói iskolájuk szelleme mérsékletet és meggondoltságot sugárzott, ellenkező véglete volt a dominikánusok

és a ferencesek élénk prédikátori tevékenységének. A németalföldi festészet is tért hódított, sőt a helybeli művészek alkotó munkáját is serkentette.

A warmiai egyházmegye, amelyben Kopernikusz rövid megszakításokkal negyven évet töltött, a királyi Poroszföld különálló része volt, vagyonilag püspöki és káptalani részre oszlott. Kereskedővárosa, Braniewo volt egyedül nagyobb, néhány kisebb város gazdaságilag alárendelt szerepet játszott. Ide tartozott Lidzbark, pompás s a mai napig is megmaradt tágas kastélyával, amely négyzet alakban vette körül az árkádos udvart, és püspöki rezidenciául szolgált; továbbá Frombork balti-tengeri kikötő, amely egy hegy lábánál terül el. A hegy tetején bástyákkal és falakkal védett katedrális emelkedik a magasba. A mai napig is megmaradt a katedrális-erőd falain kívül fekvő kanonoki udvarházak egy része, ahonnan az öbölbe benyúló keskeny félsziget sötét erdősávja zárja le a tenger felé a kilátást. A püspöki fejedelemség déli részén, a tengertől 100 km-re, az erdővel borított tóhátságon, a morénák kavicsos dombvidékén a Lyna folyó magas, szakadékos martján emelkedik Olsztyn városa, várkastélya akkoriban a káptalani uradalmak jószágkormányzóinak tulajdona volt, ma a vajdaság gyorsan fejlődő székhelye.

Amíg Warmiának a tengerparti, földművelésre alkalmas részén németek és elnémetesített balti-tengeri poroszok telepedtek le, addig a déli, erdővel borított részt (Olsztynt és környékét) a közeli Lengyelországból áthúzódó telepesek népesítették be. Főként az 1454-1466 és 1520-1521 közötti háborúk után telepítették be lengyel parasztokkal az elnéptelenedett földeket. Az egyházi birtokok jószágigazgatójaként éppen Kopernikusz végezte ezt a munkát; beutazta a falvakat és a letelepedett parasztokról pontos jegyzéket vezetett. A lengyel falusi környezetben Dél-Warmia városi lakossága is ellengyelesedett. A régi lengyel településeken számos gazdag kisnemes és paraszt élt, ugyanakkor Warmiában, ebben a szegény és újratelepített országban sok kisparaszt lakott, és kevés volt a nemesi katonaállításra kötelezett birtok.

II. KOPERNIKUSZ KÖRNYEZETE

Kopernikusz kora ifjúságát Tornában, a királyi Poroszföld egyik nagy városában töltötte. Torun a tizenhárom éves háború után

dinamikusan fejlődött, a XV. század második felében azonban Gdansk megelőzte.

Kereskedelmi központ volt, amelyet a keresztesek 1231-ben alapítottak a Visztula mentén, a lengyel lakta chelmnói területen, a porosz határszélen. 1280-ban közvetlen környékén épült ki a főleg kézműiparral foglalkozó Új-Torun, amely meggyorsította idősebb szomszédja fejlődését. Torun a XIV. században a lengyel hátország révén virágzásnak indult, fejlődését azonban a XV. században lefékezték a keresztesek Lengyelország ellen viselt háborúi. Templomaival, az óvárosi városházával, erődjeivel, monumentális téglaépítményeivel, szobrászatával s gazdag festészetével Torun ma is csodálatot kelt.

1466 után nyugodtabb évek következnek. A gótika új fejlődési szakaszba lép, szakítanak a vertikális vázszerkezettel, és áttérnek a vízszintes megosztású, sima falakkal kialakított belső terekre. A gótika e korszakának egyik legnagyszerűbb épülete az 1468-1472 között épített Keresztelő Szent János plébániatemplom, amely ma is uralkodik a város látképe felett. Hatalmas csarnokában áll az a bronz keresztelő kút, amelynél 1474-ben az óvárosi kereskedő fiát a kereskedők patróliusának tiszteletére Nicolaus (Mikolaj) névre megkeresztelték. A tehetséges fiú, aki korán árvaságra jutott, vállalkozó szellemű nagybátyja támogatását élvezte. *Lukasz Watzmrode* warmiai kanonok (1489-től püspök) volt. Unokaöccsét nem a kereskedő gyermekek szokásos iskolájába adta. A csillagász olyan környezetből került ki, ahol megismerte a számolás tudományát, a pénzügyek intézését, és megtanulta a csillagászati naptár adatainak alkalmazását. Az akkori embereket sokat foglalkoztatták a csillagászati jelenségek, valamint a városok belső ügyei. Nemzetközi látókörük szűk volt. Kereskedői tevékenységükben a kalkulációt a kockázatvállalással és a becsületes munka kultuszával kapcsolták össze.

Kopernikuszt egyházi pályára, magasabb tanulmányokra szánták. Torunból bizonyára Chelmnóba küldték, ahol a toruni plébániai iskolánál magasabb szintű „studium particulare” működött.

Chelmno a nagyobb porosz városok közé tartozott. A Visztula partján feküdt, Toruntól északra, tőle egynapi járásra. A háború után gazdaságilag nem fejlődött, ezzel szemben régi oktatási

hagyományai voltak: a XIV. században porosz egyetemet akartak itt felállítani. A Közös Elet Testvérei tanítványaik elé nem a szülővárosukra jellemző, minden áron való meggazdagodást tűzték ki célul, hanem figyelmüket mis felé irányították, és más erkölcsi fogalmakat adtak.

1491 őszén a tizennyolc éves Kopernikusz beiratkozott a krakkói egyetemre, noha a Balti-tenger melletti rostocki vagy a greifswaldi egyetem közelebb lett volna lakóhelyéhez. Nemcsak a családi hagyományok miatt döntött így, hanem azért is, mert akkoriban Krakkóban működött Európa egyik legkiválóbb egyeteme.

Krakkó volt az ország fővárosa és egyúttal a kereskedelem, a mezőgazdaság és a bányaigazgatás központja is. Lakosainak száma felülmúlta a királyi Poroszföld városaiét, és nemzetiségi összetétele is különbözött azokétól: az erős lengyel környezetben ellengyelesedett német patríciusok mellett otthonosan érezték magukat itt az olaszok is. A polgárság felett bizonyos mértékig a főnemesség uralkodott.

Politikai lehetőségeiket a kereskedelmük nagy részét az Adriai- és a Fekete-tengeren lebonyolító négy állam, Lengyelország, Litvánia, Csehország és Magyarország határai szabták meg. A balti-tengeri problémák háttérbe szorultak a növekedő török veszély miatt. A fekete-tengeri kikötők elvesztése után (KaffaFedoszja a Krím-félszigeten 1475-ben, Kilia és Belgorod-Ata Júlia a Duna torkolatánál, 1484-ben) került sor a balsikerű 1497-és moldvai hadjáratra.

Krakkó arculata eltért a királyi Poroszföld városainak képétől. Épületei fehér kőből készültek, a porosz városokban pedig csak téglaépítményeket emeltek. Kopernikusz odaérkezésekor a gótikának új szakasza kezdődött, amely KözépEurópából Szászországon és Szilézián, valamint Felső-Magyarországon át érkezett ide, a spanyol platereszk stílus megfelelőjeként.

Az új építészeti stílus kialakulását megelőzte a nagyméretű táblaképfestészet és az oltárszobrászat. A Torunból és Chelmnóból érkező jövevény itt megismerhette a késő gótika hatalmas, többalakos kompozícióit és e stílus nagyszerű miniatúra művészetét. (Torunban a híres *Krisztus levétele a keresztről* című alkotás csak

1495-ben készült el.)

A templomok falát szőnyegszerűen borították a falfestmények, ezenkívül a berendezési tárgyak között számos szobor, ötvösmunka, drapéria volt. E kor szellemisége nem veszi figyelembe a történelmet. A művész a bibliából és a szentek életéből vett jeleneteket saját korában helyezi el: a szentek mellett köznapi és korabeli személyeket láthatunk. Így teljes képet kapunk az akkori emberről, megjelenéséről, öltözködési módjáról, ruházatáról, magatartásáról, jelleméről és társadalmi hovatartozásáról. E művészet elterjedését elősegítik a lengyel szellemi életben ekkoriban végbemenő változások, amelyek alapja „a világ és az ember felfedezése". A szimbolikus, hagyományos színekkel megformált hieratikus alakok kezdenek egyéni arcot ölteni, hogy a nagyobb hatás érdekében minél igazabban mutassák be a fényjátékait és ennek segítségével magát az életet. A technikai nehézségek és a nyomasztó megkötöttségek gátolták a monumentális táblakép festészet fejlődését. Az új, a korszerű könnyebben talált helyet a sokkal előkelőbb, választékosabb miniatúra festészetben. A XVI. század első éveiben e művészeti ág Krakkóban virágkorát élte. Sok értékes liturgikus könyv és imakönyv látott napvilágot, illusztrációik egyre jobban tükrözték a kifinomult ember személyes, individuális élményeit és az őt körülvevő, teljes valóságot, bemutatva az egész táj és a rejtett részletek minden báját.

Talán a legkülönlegesebb és már teljesen világi témájú alkotás a *Baltazar Behem* krakkói író megrendelésére készült *Codex picturatus.* A mű a krakkói céhek alapszabályainak gyűjteménye, amelyet huszonnyolc miniatúra díszít. Ezek, mint valami festészeti szonettek, bemutatják az egyes kézműves mesterségek jellegzetességeit. A műhelyek belseje, a lengyel tájak, a havas tél, a tikkasztó nyár szimbólumgyűjteménye és lírai költészete a városi életnek a maga nemében páratlan enciklopédiája, amelyet a valódi arany ragyogásával, de mindenekelőtt a fehér és fekete, a citromsárga és a kék színek finom összeállításával készítettek el; ezt a színskálát 150 évvel később Vermeernél fedezzük fel újra.

A festészet és a szobrászat az arany ragyogásával, a színek tisztaságával, az elbeszélés drámaiságával, vallásos tárgyával inkább

az emberi érzelmekre hatott, de a szellemi fejlődést is ösztönözte.

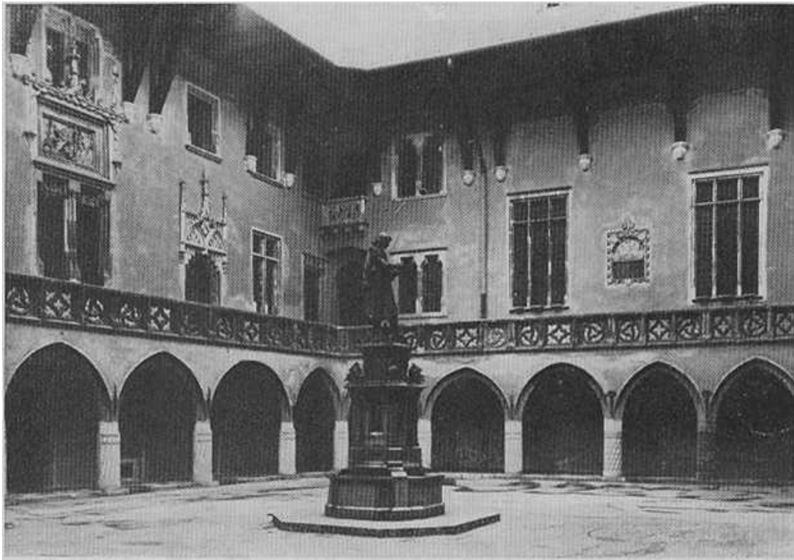
Ebben az időben a krakkói művészetet gótikus architektonikus, faragott oromzattal díszített triptichonok és poliptichonok is képviselték. Az istentisztelet alatt kitárt szárnyas oltárnak el kellett kápráztatnia a nézőt gazdagságával, ugyanakkor az előtte végbemenő egyházi szertartást is szolgálnia kellett. Ez indokolja az inkább konzervatív, hieratikus formát, ezért alkalmazták az aranyat az alakok, a bibliai jelenetek háttereként is. A triptichon szárnyainak külsejét (amely a szárnyas oltár becsukása után látható) a fiatal, gyakran új utakat kereső festők szerényebb munkái díszítették. Bár itt a mindennapi életet ábrázolták, az aranyozást ugyanolyan gazdagon alkalmazták.

Az első nagy krakkói triptichon a dominikánusok templomában 1467-ből származik. Ez a mű az egyik első realizmusra törekvő alkotás, a vallásos téma itt jelenik meg először a valódi táj növény- és állatvilága keretében, nemegyszer jellegzetes Krakkó-vidéki kolorittal. A térben és időben távoli eseményeket szimbolikusan úgy ábrázolják, mintha most és itt mennének végbe, a szomszédos sikátorokban, a pásztorok, parasztok, a kézművesek és a kereskedők jelenlétében.

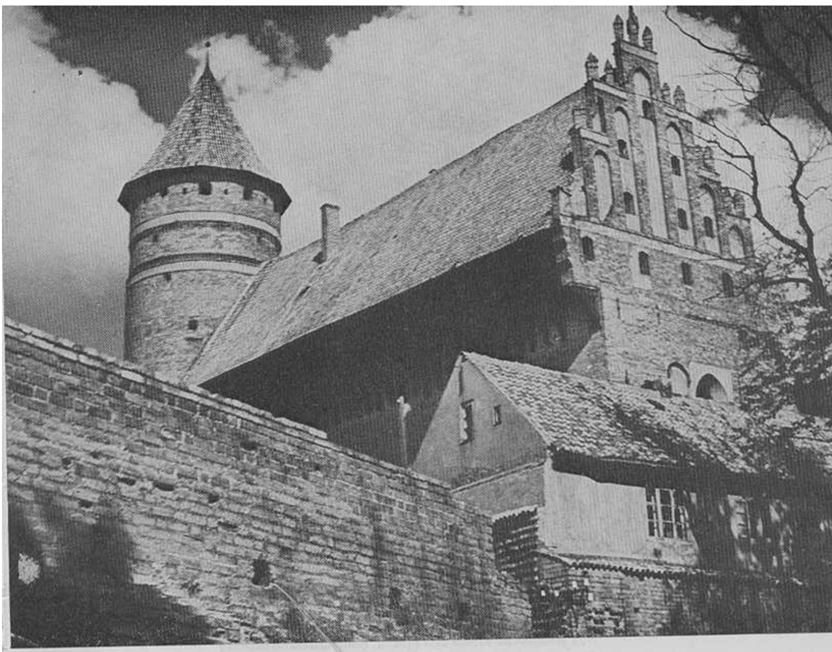
A krakkói oltárok közül kiemelkedik a Mária templom Kopernikusz szeme előtt befejezett, faragott poliptichonja, amelyet tizenkét éven át aranyozott és festett *Wit Stwosz* (német nevén Veit Stoss), a német származású lengyel szobrászművész. Az alkotás a kor európai művészetének egyedülálló darabja. A polgárok adományaiból gyűjtötték össze az elkészítéséhez szükséges összeget. Csupán a díszítéshez több aranyat használtak fel, mint az akkori Európa bármely más oltárához. A mű rendkívül nagy hatással van a szemlélőre.



Kopernikusz szülőháza Torunban (Foto : Magdalena Rusinek)



A krakkói Collegium Maius udvara (a Lengyel Tudományos Akadémia Művészeti Intézete engedélyével)



Az olsztyni vár (foto : Magdalena Rusinek)



A lidzbarki vár (foto : Stanislaw Moroz)

A fromborki katedrális (foto : Magdalena Rusinek)





Frombork, Kopernikusz tornya (a Lengyel Tudományos Akadémia Művészeti Intézete engedélyével)



„Theophilaeti Scolastici Simocati Epistolae” Kopernikusz 1509-ben Krakkóban kiadott fordítása címlapjának facsimiléje (Theophilaktosz Szimokattész: Levelek *című könyvéből, Parístwowe Wydawnictwo Naukowe, Varsó, 1953)*

A szekrény a szelíden lehanyatló Mária halálát ábrázolja a felindult apostolok körében; erről tanúskodik fájdalmas arckifejezésük, kezük tördelése, rogyadozó lábuk, s vihar zilálta, nehéz, arany ruhájuk. Mindegyikük külön-külön, mindegyikük másként éli át Mária halálát, s ki tudja, talán korának, kora addigi rendjének elmúlását is. A szárnyak sokszínű domborművei nemcsak az Anya életét és a

Fiú kínszenvedését mondják cl, hanem bemutatják a hanyatló középkor emberét, életét, bűneit és felemelkedését is.

A polgárok körében elért sikerek megnyitották a művész számára a Wawel királyi székesegyházának kapuit is. Itt alkotta meg kiváló művét, az 1492-ben elhunyt Jagelló Kázmér mauzóleumát. A gyász hagyományos szimbolikus alakjaival díszített síremléken a király vörös márványból készült s a hiteles halotti maszkot idéző, görcsbe rándult reális alakja megragadó ellentétet képez az egymást keresztező késő gótikus ívek pompás baldachinja által ábrázolt éggel.

A nagy szobrász Krakkóban töltötte élete legboldogabb és legtermékenyebb éveit (1477-1496). Későbbi, tragikus, nürnbergi éveiből származik *Filippo Calliniachusnak,* az olasz történésznek, humanistának a krakkói katedrálisban elhelyezett bronztáblája. Callimachus a Jagellók politikai tanácsadója volt, Torun óvárosának piacterén épült kőháza a Kopcrnikuszok családi házának szomszédságában állt.

Stwosz Krakkóban több tanítványát és követőjét hagyta hátra. Kezük alól számos jeles műalkotás került ki, amelyeken bemutatták a XVI. század eleji Lengyelországot és lakóit.

A krakkói festészet továbbra is virágkorát élte. Az alkotások közül kiemelkedik Marcin Czarny *Mária halála* című műve a bodzentini triptichonon (1508), az alapító Jan Konarski püspök portréjával.

Az egyetem támogatásával felállították az első nyomdát is.

A krakkói egyetemnek, amelyen Kopernikusz négy évig tanult a szabad művészetek fakultásán, már a XIV. század első feléből voltak hagyományai. Pezsgő élete egész Európából (de főleg Közép-Európából) vonzotta a diákokat. Tanulmányozták a római irodalmat és az olasz humanisták műveit. 1492-ben például tíz klasszikus előadás-sorozatot tartottak Cicero, Ovidius, Vergilius műveiből *(Bucolica, Aeneis, Georgicon).* A természettudományok területén *Arisztotelész* fizikájának Buridan-féle tolmácsolását vizsgálták. A francia skolasztikus a fizikai mozgást olyan módon tárgyalta, hogy azzal lehetővé tette a fizika és a csillagászat

továbbfejlődését. *Buridan* (1300-1358) a világ megfigyelésének a fontosságát is hangoztatta.

Krakkóban magas szintű matematika- és csillagászatoktatás folyt. Lehet, hogy a politikus Watzenrode püspök unokaöccsének lehetősége nyílt arra, hogy érintkezzék a szellemi kultúra egyetemen kívüli „második köré”-vel, ahol a püspökökön, politikusokon és diplomatákon kívül a Krakkóban vendégeskedő humanisták is megjelentek.

Kopernikusz Krakkóban nem szerzett tudományos fokozatot, de kétségtelenül alapos tudásra tett szert. Matematikai ismeretei és tudományos megfigyelései alapján felismerte, hogy a világmindenség geocentrikus felépítését hirdető elméletben ellentmondások rejlenek. Tanulmányai folytatására 1496-ban Olaszországba utazott, de az is célja volt, hogy gyötrő problémájára választ kapjon. Kopernikusz ott-tartózkodása előtt, 1495-1496-ban zajlott le Itáliában a haditechnikai forradalom. Az állam szolgálatában álló tudósok és művészek új mérnöki megoldásokat kerestek, hogy az akkoriban felfedezett tűzfegyvereknek az addig használt fegyverekétől jóval nagyobb pusztító hatása ellen védeni tudják az erődítményeket. Azt is vizsgálták, hogy a tüzérség mozgékonyságát hogyan tudják jobban kihasználni a harctereken. *Gonzalo Fernández de Córdoba* hadvezér ekkor kezdte alkalmazni a spanyol harcászati tapasztalatokat Itália tüzérségi lőterein. Nem tudjuk, hogy a lengyel királyságból érkezett diák hogyan reagált erre, azt sem tudjuk, hogyan hatottak rá az ókor műemlékei és az új stílusirányzatú képzőművészeti alkotások Bolognában, Ferrarában, Padovában és VI. Sándor pápa Rómájában. Az azonban bizonyos, hogy lelkesen számolta és egyre gondosabban ellenőrizte az „égi szférák” megfigyeléseinek eredményeit, utazásának tulajdonképpeni célja, a jogi és az orvosi tanulmányok mellett.

Kopernikusz 1503-ban megszerezte az egyházjogi doktorátust. Ezután visszatért Warmiába, és élete további részét ott is töltötte. 1512-ig, nagybátyja haláláig a lidzbarki várban lakott. A püspököt kétszer elkísérte Krakkóba, s egyszer valószínűleg Poznanba is. Látta a változásokat Krakkó építészeti arculatában: a Collegium Maius 1497-ben befejezett késő gótikus kristályboltozatait és a legtisztább toscanai reneszánszt képviselő olasz építészek első alkotásait; látta

Wit Stwosz utolsó műveit és tanítványainak szobrait, valamint a firenzeiek első reneszánsz alkotásait. Látta az ország és a főváros gazdasági és technikai fejlődését is. Felújíthatta a régi ismeretségeket és barátságokat. Jó barátja volt *Bernardus Wapowski,* a híres térképész és történész, akivel később is levelezett. Itt nyomatta ki első könyvét, *Theophiiaktosz Szimokattész* bizánci történetíró görög nyelven írt művének, a *Leveleknek* latin fordítását.

Bizonyára nem ismerhette meg a XVI. század fordulója körül született kiváló humanistákat (Hosius kivételével, aki 1538-tól warmiai kanonok, majd bíboros volt). Szoros kapcsolatba került viszont a jagelló-államok belpolitikai problémáival, mindenekelőtt a köznemesi osztály mozgalmával. A köznemesség anyagi jóléte növekedésével egyidejűleg a főnemesek hatalmának korlátozására és gazdasági előjogok megszerzésére törekedett.

Kopernikuszt azonban leginkább a porosz kérdés érdekelte. Gyakran utazott nagybátyjával a porosz nemesi tartománygyűlésekre, az úgynevezett kis sejmikekre, amelyekre a káptalan még 1512 után is delegálta. Sokszor ment Gdanskba, Torunba, Grudziadzba, Elblagba, leggyakrabban azonban a lovagrend egykori fővárosába, Malborkba utazott, amelynek lenyűgöző szépségű vára, a nagymesterek hajdani rezidenciája még ma is áll a Nogat folyó mentén. A tartománygyűléseken, ahol a fő- és köznemesség, a papság, valamint a városok képviselői vettek részt, a gazdasági és politikai ügyekben jártas tudós elismert szaktekintélynek számított. Erre a korszakra még érvényes volt a lovagi rend jelszava: *„cUevalerie et Science: qui moult bien conviennetit ensemble.* (A lovagi rend és a tudomány jól megférnek egymással.) Azt is hirdették, hogy e két pillér nélkül a világ káosz lenne. A doktori címmel a lovagokat megillető jogok jártak.

A legszűkebb haza, a királyi Poroszföld, sajátos módon változtatta meg arculatát. Warmiában is egyre jobban tért hódított a reneszánsz, egyre gyakrabban használták fel a kristályboltozatok fény-árnyék hatásait. A téglaépületek csúcsívei kerekké váltak a Balti-tenger vidékét bejáró németalföldi építészek keze nyomán, vagy a Közép-Európa nagy kereskedelmi központjából, Lipcséből kiinduló utakon vándorló szász építészek alkotásaiban. A fromborki káptalanban összegyűlt szellemi kiválóságokhoz eljutottak a porosz

nemesség gondjai, szószólójuk Lukasz Watzenrode püspök utóda *Fahian Losainen* (püspök 1512-1523 között) volt, aki tanulmányait Olaszországban végezte. A gdanski főnemcsség érdekeit a későbbi püspök, az erőszakos és könyörtelen *Mauritius Ferber* (püspök 1523-1537 között) képviselte. A krakkói királyi udvar szerteágazó külpolitikájának képvi selője pedig *Johannes Dantiscus* volt, egy személyben költő és udvari ember, aki hosszú időn át Valladolidban, V. Károly császár udvarában követként működött. Baráti kapcsolatban állott *Rotterdami Erazmusszal* és 1537-ben Ferbert követte a warmiai püspöki székben. Ezt a tisztségét 1548-ig töltötte be.

A káptalan, amelybe Kopernikuszt 1495-ben meghívták, csaknem kizárólagos polgári összetételével különbözött a többi, ilyen jellegű testülettől. A tagok túlnyomó része magasabb tanulmányokat végzett. Körükben kiváló humanistákat találunk, így a neves költőt és diplomatát, Dantiscust, vagy Kopernikusz közeli barátját, *Tiedetnann Giesét,* aki levelezett Rotterdami Erazmusszal, *Philipp Melanchtonn*al; és aki 1538-ban Chelmno, majd 1549-ben Warmia püspöke lett. Az egész országban elszórtan fekvő egyházi birtokok ellenőrzése, a királyi szolgálattal járó kötelezettségek és a külföldi tanulmányutak miatt a tizenhat tag közül rendszerint csak a fele tartózkodott a káptalan székhelyén. Fromborkban elevenen éltek a kanonoki közös élet hagyományai. A kanonokok elsősorban fromborki urak és nem papok voltak, akik saját birtokaikon gazdálkodtak és a káptalan közös vagyonának ügyeit intézték. Kopemikusznak voltak barátai (intrikusai, ellenségei is akadtak), ennek ellenére magányos volt. Politikai és gazdasági kötelezettsége mellett hódolt fő szenvedélyének, a csillagászati számításoknak és a megfigyeléseknek, amelyeket még a háború alatt sem hagyott abba, hiszen az égitestek akkor is ugyanúgy rótták pályájukat. E háttérben rajzolódik ki Tiedemann Giese barátsága. Az erazmusi gondolatok jegyében folyó beszélgetéseik mindkettőjükre ösztönzőleg hatottak. Kopernikusz rábeszélte Giesét, hosszú évek óta az egyetlen papot a káptalanban, hogy szálljon vitába a lutheranizmussal. A csillagászat iránt érdeklődő Giese pedig már chelmnói püspök korában megpróbálta rávenni Kopernikuszt, hogy teljes művet írjon és publikáljon, mivel barátja kizárólag csak táblázatok közzétételére hajlott.

A kanonokok életének középpontja a furcsa, rideg templomerőd volt. A bástyákkal megerősített falak ötszögben zárták körül a mesterségesen egyengetett meredek dombot. Északkeleti részét az 1329-1388 években épült gótikus szentély foglalja el, amely hosszú csarnokot képez, sarkain karcsú huszártornyokkal. A sima, csak ablakokkal megbontott oldalfalaktól élesen elüt a díszes, hosszúkás vakablakokkal és árkádokkal tagolt homlokzat. A Gotland szigetről származó homokkő elemeket faragványok borítják. A belső tér a presbitériummal együtt 86 m hosszú, szépségét emeli a templomhajók díszes boltozata. A templombelsőt az a nagy szárnyasokat uralta (ma az északi hajóban áll), amelyet Watzenrode püspök adományozott 1504-ben. Felállításának tehát Kopernikusz szemtanúja volt. A szekrény aranyozott belsejében a toruiíi szobrász a *Madonna a gyermek Jézussal* alkotását helyezte el.

Warmiának és a királyi Poroszföldnek sok gondot okozott a keresztesek szomszédsága. A német lovagrend még a XV. század elején is Európa csaknem minden országában számíthatott a szerzetesek és a keresztes vitézek támogatására, akik hatalmas költségeket vállaltak a kereszténység védelmének érdekében. A tizenhárom éves háború folyamán (1454-1466) a rend már nagyrészt zsoldos főleg gyalogos katonasággal harcolt. Az ideológiájuk és tevékenységük közötti ellentét különösen világossá vált a XVI. század elején, amikor a „német lovagrend kórházá”-t akarták megtartani idegen területeken. Nem engedték be soraikba a lengyel lovagokat, noha ez az 1466-os békekötés feltételei között szerepelt; nemcsak a hűbéri viszony lerázására törekedtek, de a teljes királyi Poroszföldet is visszakövetelték. Másként alakult a spanyol alcántarai, calatravai és santiagói lovagrendek története. Ezek elvesztették létjogosultságukat a reconquista után. A birodalom leghatalmasabb hercegei közül meghívták nagymesternek *Szász Frigyest* (1510-1517), majd *Hohenzollern Albertet* (1517-1525), a brandenburgi választófejedelem rokonát, így német segítségre számíthattak. Saját törekvéseiket összekapcsolták a hercegeknek a birodalom szétszakítására, és a hatalom megszerzésére irányuló törekvéseivel. Céljaik így ellentétben álltak a királyi Poroszföld lakosságának érdekeivel. Veszélyeztették szabadságukat, anyagi jólétüket, amelynek alapja a lengyelekkel való gazdasági szövetség volt. Támadták Lengyelország érdekeit is, mivel akadályozták, hogy tengerhez jusson, és a nyugati piacokkal

fenntartsa a kapcsolatát.

Súlyos problémát jelentett, főleg a királyi Poroszföld számára, a lovagrend pénzrontása. Hitvány pénzük kiszorította a jó lengyel pénzt. Sürgetett tehát a királyi Poroszföld és a lovagrend földjeivel körülvett Warmia biztonságának védelme.

Kopernikusz nagybátyja halála után, amikor 1512-ben végleg a fromborki kanonokságban telepedett le, továbbra is behatóan foglalkozott Warmia politikai helyzetével (ennek részeként a lovagrenddel való konfliktussal is), védelmével és elsősorban mezőgazdaságával. A káptalan ugyanis rábízta a jószágigazgatói tisztet. Orvos volt, aki gyógyította beteg társait; az egyházjog tudósa volt, aki az egyre romló pénzrendszer javítására pénzügyi reformot dolgozott ki. Jószágigazgató volt, aki betelepítette a lakatlan paraszti földeket, és műszaki matematikus volt, aki megszervezte a modern tüzérségi bástyák építését Lidzbark, Reszel, Olsztyn várában és talán Fromborkban is.

1519-1521 között zajlott le a lovagrenddel az utolsó háború. A kanonokok elmenekültek a nagymester által meghódított Fromborkból, az ellenállás központja a püspöki Lidzbark mellett a Kopernikusz igazgatása alatt álló Olsztyn lett. Kopernikuszra nehezedett a nagymesterrel folytatott diplomáciai tárgyalások súlya. Neki kellett gondoskodnia a káptalan kincstáráról, a vár és a város felfegyverzéséről. Neki kellett felfogadnia a lengyel zsoldosokat is és vállalnia a felelősséget Olsztynért a nagymester vakmerő portyái idején.

A háború, az 1521-ben kötött négyéves fegyverszünet után 1525-ben fejeződött be a krakkói szerződéssel. Hohenzollem Albert hűbéri esküt tett a lengyeleknek, levetette az egyházi ruhát, áttért a lutheránus vallásra, és világi fejedelem lett. Ez az időszak a reformáció elterjedésének, valamint a világi és az egyházi hatalom ellen irányuló véres társadalmi megmozdulásoknak a kora. Különösen kiéleződött a társadalmi feszültség a porosz városok nemessége és az alsóbb rétegek között. Ez az ellentét elősegítette a reformáció elfogadását. Az új tanok a nyomtatott könyvek és a prédikációk révén gyorsan terjedhettek, és megfelelő ideológiai alapot nyújtottak a városi nép felkeléséhez. A gdanski, elblagi, toruni polgárság lelkesen fogadta az „olcsó egyház” jelszavát. A

megmozdulások a királyi hatóságok megtorlásával végződtek, de ugyanakkor megpróbálták a patríciusok hatalmát is csökkenteni azzal, hogy a polgárság képviselőit is meghívták a városi gazdálkodás ellenőrzésébe. Az alsóbb osztályok és a városi szegény réteg társadalmi elégedetlensége zavargásokban, sőt véres felkelésekben nyilvánult meg. Ezek 1525-ben érték el tetőpontjukat, amikor Elblag, Gdansk és Torun városain kívül lázadás tört ki a Fromborktól 10 km-re fekvő Braniewóban is.

Még veszélyesebbnek látszott a parasztok 1525-ös felkelése az egyre növekvő elnyomás ellen a lovagrend államában fekvő Sambiában, Warmia szomszédságában. Ez sajátságos módon egybeesett Hohenzollem Albertnek a lutheránus vallásra való áttérésével. A protestáns fejedelem megszerezte a lengyel főurak és a Rómához hű Ferber warmiai püspök segítségét a paraszti megmozdulás elfojtásához.

I. Zsigmond lengyel király halálbüntetés terhe mellett megtiltotta az új hit terjesztését, de elismerte a fejedelem és állama szakítását a pápasággal.

Kopernikuszról csak azt tudjuk, hogy mindvégig a régi egyház híve maradt, ugyanúgy, mint a nála hét évvel idősebb nagy humanista, az egyház túlkapásainak bírálója, Rotterdami Erazmus. Mi volt ennek az oka? Talán nemcsak a kanonokságot akarta megtartani, amely jólétet biztosított számára és lehetővé tette a tudományos munkát. A legtöbb humanistához hasonlóan, bizonyára Kopernikusz is hivő ember volt. A hibáktól megtisztult régi egyházban a nemesi rend védelmezőjét látta, amelyből ő maga is származott, de ugyanakkor a szellemi világ védelmezőjét is látta benne, amely világhoz ő is tartozott. Utolsó éveiben ereje megfogyatkozott, ekkor csaknem teljes figyelmét életműve befejezésére irányította.

UT HERCULES ATLANTE LABORANTE CAELUM SUSTINUIT, ITA ILLE ... MOTUUM CAELIDOCTRINAM DISCIPULIS SUIS RESTAURAVIT

Miként Hercules Atlaszként fáradozva tartotta az eget, úgy ő ... az égi mozgások tanait tanítványainak felépítette

JERZY DOBRZYCKI

NICOLAUS KOPERNIKUSZ ÉLETE ÉS ÉLETMŰVE

I.

A matematikai csillagászat a XV. században olyan magas szintet ért el, legalábbis fő képviselőinek műveiben, hogy lehetetlen volt két alapvető fontosságú kérdést megválaszolatlanul hagyni. Az első probléma még az ókori természetfilozófiából származik: a csillagászati elméletek valóságtartalma. A hagyományos elméletekkel kapcsolatos viták ebben az időben is napirenden voltak, bár anyaguk megváltozott. A második probléma a szaktekintélyek szavahihetőségére vonatkozott és a régi elméletek, valamint a jelenlegi megfigyelési adatok közötti ellentmondásokból eredt.

Az arisztotelészi világképnek szerves része volt a nagy görög tudós csillagászati rendszere: a világmindenség koncentrikus kristálygömbökből, szférákból épül fel, ezek felületén helyezkednek cl az égitestek. A szférák a világ középpontjában mozdulatlanul álló Föld körül állandó és egyenletes körmozgással keringenek. Ez a rendszer, amelyet már az i.e. IV. században matematikai formába öntöttek, évszázadokon keresztül uralkodott a tudományban és mélyen gyökerezett a középkori ember tudatában. Helyességét alátámasztották az akkori természetfilozófia egyéb állításai és az égbolt gömb alakú felépítését bizonyító elemi megfigyelések egyaránt.

A koncentrikus szférák rendszere azonban nem tudta megmagyarázni a bolygók mozgásának egyenetlenségeit, amely abból ered, hogy pályájuk nem kör, hanem ellipszis. Arra sem volt alkalmas, hogy Földtől való változó távolságukat megmagyarázza. Ez a tény a bolygók fényességének változásaiban nyilvánul meg, és semmiképpen sem egyeztethető össze a koncentrikus szférák állandó távolságával. A csillagászok ötletes szerkezetekkel akarták a geometriai modellt a megfigyelt tényekkel összhangba hozni: *Hipparkhosz* (i.e. II. század) feltételezte, hogy a Nap pályájának középpontja a Földön kívül van, továbbá *Appollóniosz* (i.e. 260-200) geometriai munkáit felhasználva bevezette az epiciklus fogalmát. Ez olyan kör, amelynek kerületén a bolygó egyenletes sebességgel mozog; a kör középpontja pedig egyenletesen gördül a Föld körüli pálya (a bolygó ún. deferensének) kerületén. A bolygó mozgása az

epiciklus mentén a Föld valóságos mozgásának geometriai tükörképe volt. *Ptolemaiosz* (i.e. II. század) *Almagesztiében,* (Ptolemaiosz fő műve a *Megalé szüntatxisz* (A csillagászat kézikönyve). A IX. században A1 Mamum bagdadi kalifa lefordíttatta arab nyelvre; arab címe; *Tabrir al maghesthi,* ennek elferdítése az *Almageszt.)* amelyben összefoglalta a világmindenség addigi geometriai leírásait, bevezetett még egy új fogalmat, az ún. ekvantumot. Amikor az epiciklus középpontja a deferens mentén mozog, a szögsebesség nem a deferens középpontjához, hanem a „kiigazítás pontjá”-hoz (ekvantumhoz) viszonyítva egyenletes. Ez nem esik egybe a deferens középpontjával, illetve a Földdel.

A körmozgások rendszerét alkalmazó csillagászati gyakorlat és a koncentrikus szférák rendszerét alapul vevő természetfilozófia közötti eltérés évszázadokon át a csillagászok központi problémája maradt. Már Ptolemaiosz korában megpróbálták a két rendszert összekapcsolni, de ezek a kezdeményezések nem vezettek kielégítő eredményre. Így inkább a matematikai csillagászat hagyományait megtartva igyekeztek megoldást találni. A jelenségek magyarázatának platóni követelményéül a „jelenségek megmentésének” elvét állították, valamint olyan egyszerűsített matematikai modellek kidolgozására törekedtek, amelyek általános érvényű számítási módszerként szolgálhattak. Ennek a nézetnek egyébként fontos szerep jutott a heliocentrikus elmélet elfogadásának történetében.

A második probléma akkor került előtérbe, amikor a tudósok érdeklődése az antik szövegek felé fordult. Az égitestek helyzetét meghatározó szférikus vonatkoztatási rendszert az *Almagesztben* olyan pontatlan adatokkal jellemezték, hogy azokat nem lehetett összeegyeztetni a későbbi századokban végzett megfigyelésekkel. Végül a középkori csillagászatnak a gyakorlatban mellőznie kellett a „nyolcadik szféra mozgása” ptolemaioszi elmélet hibás számítási módszereit, és sokkal bonyolultabb sémákkal kellett helyettesítenie, illetve kiegészítenie. A XIII-XIV. századból származó csillagászati munkák (pl. *A bolygók elmélete)*

nem oldották meg ezt a problémát, csupán utaltak Ptolemaiosz és az újabb szerzők közötti ellentmondásokra. Mivel a precessziós jelenségeket leíró „nyolcadik szféra mozgása” elmélet igen nagy

jelentőségű volt az alapvető csillagászati méréseknél, érthető, hogy a megfigyelhető jelenségek számának és a megfigyelés pontosságának növekedésével, valamint a XV. és XVI. század folyamán a naptárreform időszerűvé válásával a matematikai csillagászat központi problémája lett. A kérdés újbóli felvetését elősegítette, hogy a XV. században a csillagászok már komoly szaktudásra tettek szert. Jól lemérhető ez a század első felében működő bécsi csillagászati iskola eredményein. Innen kerültek ki e korszak legjelentősebb csillagászati műveinek szerzői: *Georg Peuerbach,* valamint tanítványa s egyben munkatársa, a Würzburg melletti Königsbergből származó *Johann Müller,* latin nevén *Regiomontanus.*

E két tudós, sajnos, fiatalon halt meg, és így nem tudta megvalósítani tervét. Céljuk az volt, hogy az *Almagesztben* előforduló és az évszázadok folyamán felgyülemlett fordítási hibákat kijavítsák. Észrevették ugyanis, hogy e mű latin változata nagyon hibás, és ennek okát abban látták, hogy a fordítást nem az eredeti görög, hanem az arab nyelvű műből készítették. Alábbi műveik azonban koruk csillagászati tudományának összegezései: Peuerbach: *A bolygók új elmélete;* Peuerbach és Regioxnontanus: *Epitome in Ptolemaei Almagestum* (Kivonatos ptolemaioszi Almageszt). Regiomontanus matematikai írásaiban a matematikai csillagászat új, magasabb szintet ért el.

A század végén a krakkói Akadémia lett a legaktívabb csillagászati központ. Az intézet két állandó csillagászati katedrája körül fejlődött ki a „krakkói csillagászati iskola”, amely számos tudóst vonzott a városba. Közülük meg kell említeni *Marcin Bylicát,* aki külföldi tanulmányútja idején Regiomontanus munkatársa volt, valamint *Brudzewski Albertét,* aki csillagászati táblázatokat készített, és Peuerbach művéhez írt előszót.

A krakkói csillagászati iskola kibontakozása a XV. század második felében az európai tudománytörténet fontos eseménye. Ez az iskola olyan alapot nyújtott, amelyen kikristályosodhatott Kopernikusz alkotói érdeklődése és kutatói célja.

A mai csillagászat megteremtője 1473. február 19-én Torunban született, a város politikai és gazdasági életében komoly szerepet játszó polgári családból. A Kopernikuszok a sziléziai Slask

Opolskiból származtak (jelenleg Kopernik). A csillagász apjának, Mikolajnak az ősei Krakkóban telepedtek le. Az idősebb

Kopernikusz rézkereskedő volt, s így szoros kapcsolatot tartott a porosz városokkal. Részt vett a porosz szövetség 1454-és felkelésében is. Néhány évvel később végleg Torunba költözött, és feleségül vette Eukasz Watzenrode kereskedő leányát, Barbarát. A szintén sziléziai eredetű Watzenrode család már néhány nemzedék óta Torunban élt, és a város nemességéhez tartozott. Barbara apja, tehát Nicolaus Kopernikusz nagyapja, bírósági első ülnök volt a tornui óvárosban és a porosz szövetség egyik vezető tisztviselője. Személyesen vett részt a lovagrend elleni harcokban. Kopernikusz anyjának bátyja, ifjabb *Litkasz Watzenrode* (14471512) krakkói, kölni és bolognai tanulmányai után több egyházi méltóságot viselt, majd 1489-ben megkapta a warmiai püspöki széket. A kor vezető politikusai közé tartozott, és a Jagellók bizalmát élvezve, együttműködött velük a keresztesek államával szembeni lengyel politika kialakításában. Kopernikusz apjának halála után (1483 körül) Lukasz nővérének és családjának gyámjaként gondosan egyengette unokaöccse életútját.

Kopernikusz első éveit a Szent Anna utcai (jelenleg Kopernikusz utca) szülőházban töltötte, szülei 1480-ban az óvárosi piactérre költöztek. Ma is vitatott, hogy hol kezdte iskolai tanulmányait, legvalószínűbb, hogy először a Szent János templomhoz tartozó városi iskolában tanult, amelyet néhány éven át Lukasz Watzenrode vezetett. Ennek az iskolának hagyományai voltak a csillagászat oktatásában. További tanulmányait a chehnnói Közös Élet Testvéreinek egyházi kollégiumában folytatta.

1491-ben Kopernikusz, bizonyára nagybátyja tanácsára és példájára, a krakkói egyetemre utazott. Négy évig a „szabad művészetek fakultásának” (facultas artium) hallgatója volt. Nem szerzett akadémiai fokozatot, de jól megalapozta matematikai tudását. *Jan Sacrobosco* előadásait hallgatta a szférákról „A kozmográfia elemei” tantárgy keretében, valamint *Brudzewski Albert* előadását Peuerbach: *A bolygók íj elmélete* című művéről „Az elméleti csillagászat ismertetése” tantárgy keretében. Megtanulta a csillagászati táblázatok használatát, megismerte a *Talmlae resohitae* krakkói változatát, a Peuerbach-féle napés holdfogyatkozási

táblázatokat, Regiomontanus efemeridjét[1]. (Ephemerides: a Nap, a Hold és a bolygók napi állását feltüntető táblázat.) A legfontosabbnak tartott csillagászati előadások témája a csillagjóslás volt. Ezeken az előadásokon Ptolemaiosz *Quadripartituinít,* valamint *Hala Abenragel* asztrológiai művét tanulmányozták.

Kopernikusz tanárainak nevet L.A. Birkenmajer kutatásai alapján kisebb-nagyobb valószínűséggel ismerjük. *Biskupiei Bemard* és a *Szamotulyi Albert Krypa* a *Tabulae eclipsiutnot* és Ptolemaiosz *Quadripartitumát* adta elő. Valószínűleg Kopernikusz is hallgatta *Pniewói Albert, Sierpieci Szymon, Wroclawi Michal* csillagászati és *Johann Glogau* földrajzi előadásait. 1493-ban Brudzcwski Albert Arisztotelész híres *De Caelo* (Az égről) című természetfilozófiái művét magyarázta.

Nem kell azonban túlbecsülni az egyetem csillagászati előadásainak színvonalát. Az „Új elméletek” tantárgy keretében az égi pályák mechanizmusát magyarázták leegyszerűsített formában, különösebb matematikai apparátus nélkül, ahogy az Ptolemaiosz műveiben található. A megfigyeléstől a geometriai általánosításhoz vezető utakat mellőzték. A csillagászati táblázatok tanításakor gyorsan alkalmazható, kész számítási recepteket adtak, amelyeket főleg csillagjóslásnál használhattak, anélkül, hogy megmagyarázták volna a táblázat alapját képező elméleteket. Az itt elsajátított matematikai ismeretek azonban Kopernikusz tudományos nézeteinek alapjai voltak, ezek segítségével már több ellentmondást tárt fel az uralkodó csillagászati tételekben. Az egyetem tudományos légköre Kopernikusz későbbi tevékenységére ösztönzően hatott. A krakkói egyetem matematikai fakultása európai hírnévnek örvendett. A krakkói csillagászokkal tartott közvetlen kapcsolat révén Kopernikusz korszerűbb és magasabb szinten ismerhette meg a geocentrikus csillagászati világkép problémáit. Hitelt érdemlő források szerint Brudzewski Albert egyetemen kívüli előadásainak is hallgatója volt. Bizonyára önszorgalomból tett szert jártasságra a csillagászati megfigyelések végrehajtásában és értékelésében.

Ezzel magyarázható, hogy Kopernikusz későbbi műve szervesen a „krakkói csillagászati iskola” eredményeihez kapcsolódik. Ezt maga a csillagász is felismerte. Egy 1542-ből származó írás megemlíti Kopernikuszt, aki már írásba foglalta „mindazt, ami csodálatra

méltó a matematikai tárgyakban, és amit még közétenni szándékozik, mindazt a mi Egyetemünkből mint forrásból merítette. Ezt ő nem cáfolja, sőt maga is elismeri, hogy mindazokért hálás a mi Akadémiánknak”.

1495-ben Kopernikusz elhagyta Krakkót. Fromborkba ment, mivel a fromborki katédrálisban székelő warmiai káptalan kanonokává nevezték ki. Lukasz Watzenrode püspök, akinek a közbenjárására kapta meg a fiatal csillagász a kinevezést, ily módon megbízható és közeli munkatárshoz jutott a káptalan testületében. Kopernikusz pedig a kanonoksággal együtt járó prebenda (Egyházi jövedelem.) révén megszabadult az anyagi gondoktól.

Kanonokok világi személyek is lehettek, és semmi sem utal arra, hogy Kopernikusz felvette volna az egyházi rendet. A csillagász csak rövid ideig tartózkodott Warmiában, mert már 1496-ban útra kelt, ismét Lukasz nagybátyja javaslatára és támogatásával, hogy jogi tanulmányokat végezzen a híres bolognai egyetemen. 1500-ig maradt itt, de a jogtudomány nem kötötte le teljesen Kopernikusz figyelmét, élete szenvedélye, a csillagászat, továbbra is érdeklődése középpontjában maradt. Már bolognai tartózkodásának kezdetén együttműködött *Domenico Maria di Novaráva*\, a csillagászat professzorával.

Kopernikusz 1497. március 9-én fontos megfigyelést végzett, valószínűleg Novarával közösen, akinek „nem annyira tanítványa, mint inkább segítőtársa és megfigyeléseinek tanúja volt”. A Hold ezen a napon elfedte a Bika csillagkép legnagyobb csillagát, az Aldebarant. Ez a jelenség lehetővé tette, hogy ellenőrizzék a holdmozgás ptolemaioszi elméletét, amely alapvetően hibásan adta meg a Hold-Föld távolság változásait. A bolognai megfigyelés, amelyet később Kopernikusz fő művében is felhasznált, azt mutatta, hogy a Hold parallaxisa (és így a Hold Földtől való távolsága) az első és utolsó negyedben nem különbözik a holdtölte idején mért parallaxistól, eltérően Ptolemaiosz modelljétől. Természetesen a régi holdelmélet hibás voltának kimutatása nem jelentette önmagában a geocentrikus világrendszer megdöntését. Mégis óriási lépés volt Kopernikusz alkotói útján; pályája egyik szakaszának bizonyítéka volt: elismert szaktekintélyek állításait tudatosan kétségbe vonta racionálisan és célszerűen kiválasztott megfigyelési

adatok alapján. *Rheticus* írásából[1] tudjuk, ebben az időszakban Kopernikusz olyan csillagmegfigyeléseket is végzett, amelyek elősegítették az addig megmagyarázhatatlan „nyolcadik szféra mozgásá”-t tisztázó elmélet megteremtését.

1500-ban rövid ideig Rómában tartózkodott, ez alatt valószínűleg a pápai Kúrián végzett egyházjogi gyakorlatot. A következő évben visszatért Lengyelországba, hogy a káptalantól újabb engedélyt szerezzen további, ezúttal orvosi tanulmányaihoz. Padova híres egyetemére utazott. Kétévi tanulás után orvosi diplomát szerzett, s ezt a hivatását élete utolsó évéig gyakorolta is. A legfontosabb azonban, hogy bekerült a humanista filozófiának és az antik kultúra tanulmányozásának rendkívül élénk padovai légkörébe. Itt tanult meg görögül, és bővítette ki jártasságát az ókori irodalomban. A görög nyelv ismerete része volt a humanista műveltség eszményének, és egyúttal elengedhetetlen feltételét képezte az ókori írók művei fordítással el nem ferdített megismerésének. Kopernikusz különösen sokat törődött a helyes szövegrészek visszaállításával, amint ezt saját kezű helyesbítései is bizonyítják a tulajdonát képező könyvekben.

Talán már korábban is, de legkésőbb Padovában kialakult a „kopernikuszi revolúció” alkotó szakasza: olyan geometriai megoldások keresése, amelyeket a csillagászatban alkalmazva, teljesülnének a világmindenség harmóniájának és egységének követelményei[2], és megszűnnének az olyan fajta következetlenségek mint például az ekvantum. Kopernikusz olaszországi tanulmányait 1503-ban fejezte be, miután Ferrarában megszerezte az egyházjog doktori fokozatát. Már ekkor körvonalazódott benne a fenti követelményeknek megfelelő és az ókori tudósok érvelésén alapuló új csillagászati elmélet. Ennek részletes leírásához hozzá is kezdhetett, legalábbis erre utal az, hogy néhány év múlva Kopernikusz kisszámú, bizalmas baráti körével megismertethette a heliocentrikus elmélet tervezetét.

Olaszországból visszatérve, Kopernikusz Lidzbarkban a warmiai püspök székhelyén telepedett le. A káptalan okmányaiból kitűnik, hogy tekintettel orvosi képzettségére a püspök háziorvosa lett. Valójában Lidzbarkban Lukasz Watzenrode legközelebbi munkatársai közé tartozott, mind az egyházkerület igazgatásában,

mind a német lovagrenddel folytatott politikai tevékenységében. Elkísérte nagybátyját több politikai tanácskozásra, valamint a lengyel és porosz tartománygyűlésekre, továbbá kidolgozta a királyi Poroszföld térképét (1510 körül)2. Watzenrode politikai elveit követte később Fromborkban is a káptalanban. Itt telepedett le végleg, valószínűleg 1512-ben, röviddel Lukasz Watzenrode halála előtt. 1510-től Kopernikusz a káptalanban adminisztrációs teendőket végzett (kancellár és az egyházi birtokok jószágigazgatója volt).

A Watzenrode mellett töltött évek alatt Kopernikusz szerzőként is bemutatkozott, felfedve vonzódását a filológiához; lefordította latinra *Theophilaktosz Szimokattész* bizánci történetíró leveleit *(Epistohe morales, rurales ct amatoriae),* és azt Krakkóban, 1509-ben Johann Hallerral ki is nyomatta. A warmiai püspöknek dedikált *Leveleket* megelőzte a Kopernikusszal baráti kapcsolatban álló *Laurentius*

Corvinus verse, aki Kopernikusz professzora volt krakkói tanulmányai idején.

Kopernikusz életének lidzbarki szakaszához mindenekelőtt egy kivételes jelentőségű tudománytörténeti esemény kapcsolódik: ekkor dolgozta ki a csillagászat új alapjainak vázlatát, egy rövid értekezést írt, amelyben először ismertette a heliocentrikus csillagászat elveit.

Nem ismerjük pontosan a vázlat megírásának idejét, sem a körülményeit, sőt annak eredeti címét sem. A kizárólag csak későbbi leírásokban fennmaradt értekezés (nem biztosan hiteles) latin címe a következő volt: *Nicolai Coperhici de hypothesibus motuum coelestium a se constitutis Commcntariolus*. (Nicolaus Copernicus Kis Kommentárja az égi mozgásokra vonatkozó, saját maga által kidolgozott hipotézisekről.)

Az értekezésen nincs dátum, de *L. A. Birkenmajer* kutatásai révén megállapították körülbelüli keltezési idejét. *Miechówi Mátyás* könyvtárának 1514-ből származó leltárjegyzéke utal egy értekezésre, amely „állítja, hogy a Föld mozog és a Nap nyugalomban van”. A *Commcntariolus* szövege említi *Peuerbach* és *Regiomontanus* 1496-ban kiadott *Epitome in Ptolemaei Almagestum*

(Kivonatos ptolemaioszi Almageszt) című művét, továbbá hivatkozik 1502-ből származó csillagászati táblázatokra. A *CommentariolnsvA* célzást találunk egyébként Latirentius Corvinus említett versében is, aki úgy beszél Kopernikuszról, mint „aki csodálatra méltó elvek alapján meg tudja magyarázni a jelenségek rejtett okait”. Corvinus Wroclawban lakott, de 1506-1508 között Torunban tartózkodott. Elfogadható tehát, hogy a *Conunentariolus* körülbelül 1507-ben keletkezett. Kinyomtatásra nem szánták, csak kis példányszámban, elsősorban (ha nem kizárólag) krakkói körökben terjesztették.

A mű az „abszolút mozgás fő elvének” (az egyenletes körmozgás) elemzésével és az addigi csillagászati rendszerek bírálatával kezdődik: „Kalipposz és Eudoxosz koncentrikus szférái ugyanis tévútra vezettek az égitestek Földtől való távolsága változásának ábrázolásában; Ptolemaiosz epiciklusos rendszere, bár mennyiségileg megegyezett az égi jelenségekkel, sok kétséget támasztott. E rendszer megteremtői csak úgy tudták a jelenségeket kielégítően megmagyarázni, hogy bizonyos képzelt köröket, úgynevezett ekvantumokat alkalmaztak. Ezeknek bevezetésével sem a bolygó a saját epiciklusán, sem az epiciklusa középpontja nem mozgott egyenletes mozgással. Azért az ilyen elgondolás nem tekinthető biztonságosnak, és az ész próbáját sem búja ki.” A *Commentariolusban* a fő helyet a ptolemaioszi

csillagászat e szemléletének kritikája foglalja el, ez a csillagászat átalakulásának kiindulási pontja: „Ha valamit észrevettem, gyakran eltűnődtem, vajon nem lehetne-e a körök rendszerénél megfelelőbbet kigondolni, amelyben a mozgás minden látszólagos egyenlőtlensége megmagyarázható lenne egyedül az egyenletes mozgással, amit az abszolút mozgás fő elve megkíván.”[1]

A szerző tehát nagy jelentőséget tulajdonított annak, hogy az egyenletes körmozgás apriori elvét posztulátumként vegyék figyelembe a csillagászati elméletek megalkotásánál. A fenti idézet igazolja ezt az állítást, amely igen fontos elem a kopernikuszi felfedezés keletkezésének tanulmányozásában.

A heliocentrikus elmélet részletes ismertetését hét tétel előzi meg, amelynek elfogadásával Kopernikusz a kitűzött feladatot „sokkal csekélyebb és megfelelőbb apparátussal, mint amit valaha is erre a

célra kigondoltak” megoldotta:

1. „Az égitesteknek és az égi szféráknak nincs közös középpontjuk.

2. A Föld középpontja nem középpontja a világmindenségnek, hanem csak a nehézkedésnek, valamint a Hold mozgásának.

3. Minden körmozgás a Nap körül történik, mintha ez lenne a világmindenség középpontja, ezért is a világmindenség középpontja a Nap közelében van.

4. A Nap-Föld távolság aránya a csillagos égbolt távolságához képest kisebb, mint a földgömb rádiuszának aránya a Nap távolságához, úgy, hogy ez az arány a csillagos égbolthoz képest elhanyagolható.

5. Mindaz, amit az állócsillagok égboltján mint mozgást észlelünk, nem olyannak mutatkozik, mint amilyen ténylegesen, hanem olyan, mint amilyennek a Földről látszik. Föld tehát a rajta levő tárgyakkal együtt naponta megfordul változatlan pólusa körül. Ezzel szemben az állócsillagok szférája, mint a legkülső égbolt, mozdulatlan.

6. Mindaz, amit a Nap mozgásában megfigyelhetünk, nem önmagától áll elő, hanem a Föld mozgása révén, amely mozgás éppúgy a Nap körül történik, mint a többi bolygó mozgása. Még más mozgásokat is végez ezeken kívül a Föld.

7. Ami pedig a bolygók mozgásánál mint direkt és retrográd mozgás látszik, nem önmagától van így, hanem csak a Földről nézve. Csak a Föld mozgása révén magyarázható az égbolt olyan sokféle jelensége.”

Ezek az alapelvek az első pillanatban önkényesnek tűnnek fel. Könnyen megmagyarázhatók azonban a ptolemaioszi rendszer előtti csillagászati elméletek hasonlóságával, pontosabban Peuerbach és Regiomontanus *Epitome in Ptolemaei Almagestum* című művében található hasonló megállapításokkal. Peuerbach például megerősíti Ptolemaioszt, hogy „a Föld az égbolthoz viszonyítva csak pont”, Kopernikusz; ezt a tételt (a negyedik pontban) átviszi a Föld pályájára és teljesen új fordulattal kijelenti,hogy az állócsillagok

szférája óriási, a Föld-Nap távolsággal nem hasonlítható össze. Ebből az állításból pedig tegyük hozzá azonnal a Föld mozgásának elfogadása következik. A Föld hármas mozgásának alapvető felfedezését Kopernikusz a *Commentariolusban* célzatosan, mintegy didaktikai szándékkal, természetes sorrendben adja meg a képzett olvasók számára. Kezdi tehát a geocentrikus rendszer elvetésével (a második pontban: „A Föld középpontja nem középpontja a világmindenségnek...”), szemben Ptolemaiosz tézisével, amely kimondja, hogy „a Föld az égbolt közepén foglal helyet”.

A *Commentariolus* magyarázatait nem támasztják alá olyan matematikai bizonyítások, amelyek az alaposabb tárgyalást szolgálnák. Kopernikusz először leírja a heliocentrikus rendszert, és elsőként a tudománytörténetben, felsorakoztatja a bolygókat a Naptól való távolságuk sorrendjében. Ennek alapján minőségi összefüggést állapít meg a keringési sebesség és a bolygóknak a Naptól való távolsága között: „egyik bolygó keringési sebességével felülmúlja a másikat, annak megfelelően, hogy kisebb vagy nagyobb körívet ír-e le”.

A Nap látszólagos, tehát a Föld valóságos mozgásának magyarázatára Kopernikusz ugyanolyan geometriai módszert használ fel, mint amilyent a ptolemaioszi csillagászatban is (a Napra) alkalmaztak. A földpálya tehát excentrikus kör a Naphoz viszonyítva. E pálya jellemzőit Kopernikusz állandónak fogadta el, megváltoztatta azonban értékeit Ptolemaiosz adataihoz képest. A Föld Nap körüli egyenletes körmozgása a *Commentariolus* terminológiájában: „a Föld első mozgása”. „A Föld második mozgása”: a tengely körüli forgás „egy egész nap folyamán, ... nyugatról keletre, amely forgás miatt úgy tetszik, hogy az egész világmindenség gyors mozgással kering. Ilyen módon a Föld, a rajta található vizekkel és a vele szomszédos levegővel együtt forgó mozgást végez”. Ezzel a kijelentésével Kopernikusz megelőzte a Föld mozgása ellen felhozott szokásos, hagyományos érveket, amelyek szerint a Föld felületével mereven össze nem kapcsolt testeket a Föld forgó mozgása miatt kataklizma fenyegeti.

„A Föld harmadik mozgása” az elhajlás (deklináció). Kopemikusznak ez a felismerése a csillagászat fejlődésében ugyanolyan alapvető jelentőségű, mint az előzőekben tárgyalt két

másik mozgás. Ezzel a jelenséggel magyarázható meg egyebek között az is, hogy a pálya síkjához kb. 66,5° alatt hajló földtengely megtartja irányát a térben a Föld Nap körüli keringése folyamán. Kopernikusz itt a szférának a hozzá rögzített égitesttel együtt végzett körforgásának hagyományos fogalmából indul ki. Az ilyen rendszerben a Föld tengelye évenként változtatná irányát a térben. Éppen ezt a változást kompenzálja a földtengely mozgásával ellenkező irányú kopernikuszi „harmadik mozgás". Kopernikusz e mozgás idejét a csillagászati évnél valamivel rövidebb időszakban határozta meg, és így elsőként magyarázta meg a „nyolcadik szféra mozgása" jelenségét a valóságnak megfelelően: a földtengely precessziós mozgásaként. E mozgás egyenetlenségéből kiindulva, amelyet a középkori csillagászok is felismertek, jutott Kopernikusz arra a megállapításra, hogy az állócsillagok szférája mozdulatlan, és ezért alkalmas alapvető vonatkoztatási rendszer a csillagászati jelenségek leírására.

A csillagászat új alapjai, a Föld hármas mozgása és a heliocentrikus bolygórendszer, természetesen nem befolyásolták a Hold mozgáselméletének részleteit. A régi elméletnek azonban mint láttuk sok vitatható pontja volt, amelyeket Kopernikusz már korán észrevett. Ezek kritikája az új csillagászat megteremtésének egyik kiindulópontja lett.

A *Commentariolusban* leírt holdpálya lényegesen eltér Ptolemaiosz modelljétől. Három körpályából épült fel. A legnagyobb körnek, a deferensnek a középpontja egybeesik a Föld középpontjával. A deferens mentén fut a kisebb kör, az epiciklus: egy hónap alatt tesz meg egy körülfordulást. Az epiciklus kerületén mozog a Hold, e mozgás ideje két hét, ez okozza a holdkorong méretének változását az első és harmadik holdnegyedben. Ez az elképzelés megmagyarázza tehát a Hold mozgásának azokat az egyenetlenségeit, amelyeket már Ptolemaiosz is ismert, de kiküszöböli az ekvantum fogalmát.[3]

A *Commentariolus* bolygóelméletében nincsenek nagy epiciklusok, amelyek a földpályát helyettesítették a geocentrikus csillagászatban. Kopernikusz a Hold leírásához hasonlóan itt is bevezetett kis epiciklust, amely a deferenssel együtt az excentrikus kör szerepét tölti be. A második epiciklus háromszor kisebb sugarú, és kétszer

futja be a bolygó Nap körüli egyszeri keringési ideje alatt. Ebben a leírásban a bolygó valóságos pályája megközelíti a kepleri ellipszist.

Ez a rendszer matematikailag egyenértékű az ekvantummal, és a már idézett „abszolút mozgás fő elvé”-nek is eleget tesz, mert a bolygómozgás csak egyenletes körmozgásokból tevődik össze.[0] A Merkúr pályájának leírásához azonban újabb elgondolásra volt szükség.

A *Commentariolusbm* az összes bolygópályát, a Merkúr kivételével, az epiciklus állandó méretei, valamint az apszisvonalak állandó helyzete jellemzi. Kopernikusznak nemsokára el kellett vetnie ezeket a korábbi csillagászatból átvett tételeket. Rövidesen kitűnt az is, hogy az új elmélet részletes elemzéséhez sokkal bonyolultabb apparátus szükséges, mint ahogy azt a csillagász a *Commentariolus* írásakor gondolta. Műve befejező részében Kopernikusz kifejtette azt a véleményét, amely szerint harmincnégy kör elegendő ahhoz, hogy „megvilágítsa a világmindenség egész mechanizmusát és az összes bolygó keringését”.

II.

Fromborkban Kopernikusznak (kb. 1512-ben telepedett le ott) még több adminisztrációs munkát kellett végezni mind a káptalanban, mind annak a kormányzása alatt álló birtokokon, Pieniezno (Melzak) és Olsztyn körzetében. A káptalani birtokok jószágigazgatójaként Kopernikusz ebben az időszakban több évet töltött az olsztyni várban (1516-1519 és 1520-1521). Fontos közgazdasági kérdésekkel is foglalkozott: pénzreform tervezetet dolgozott ki. Lengyelország és a német lovagrendi állam közös határán állandó nyugtalanság uralkodott, amelynek eredményeként a kormányzás belső kérdései politikai jelentőségűvé váltak, így megnövekedett a felelősség a látszólag jelentéktelen adminisztrációs ügyekben hozott döntések esetén is. 1519-benWarmia területén kitört a lengyel keresztes háború, amely 1521-ig tartott. Már a háború első évében, 1520 januárjában elpusztult Kopernikusz fromborki székhelye, a katedrális-domb kőfalain kívül épült udvarház, ezért Kopernikusz Olsztynba költözött át. Itt megszervezte a város védelmét a nagymester várható támadása ellen. 1521-ben, a fegyverszünet megkötése után kormánybiztos volt Warmiában.

Ilyen kedvezőtlen körülmények között, számos kötelessége teljesítése mellett fogott hozzá Kopernikusz fő művéhez, a heliocentrikus csillagászati rendszer részletes ismertetéséhez, egyidejűleg folytatta a nézeteit alátámasztó megfigyelések összegyűjtését. Megfigyeléseit a régi gyakorlatnak megfelelően, hagyományos műszerekkel végezte. A *De Revolutionibus* (A körforgásokról) című művében három műszert írt le: a szögmagasság mérésére szolgáló napkvadránst, a főként a Hold megfigyelésénél alkalmazott parallaktikus műszert és az armilláris gömböt. Ez utóbbi lehetővé tette a Nap és a Hold, valamint a többi égitest szögkoordinátáinak közvetlen összekapcsolását. E műszereket már az ókorban is ismerték, leírásuk és rajzuk Ptolemaiosz *Almagesztjében* is megtalálható. Teljesen új és eredeti szerkezet volt viszont Kopernikusz naptáblázata, amelyet 1517 körül az olsztyni várban készített. E műszerben, amelynek egy része a mai napig megmaradt, a vízszintesen elhelyezett tükörről visszavert fénysugár a kerengő falára esett. A rárajzolt vonalak segítségével meghatározhatták a Napnak az égi egyenlítőhöz viszonyított helyzetét, valamint a megfigyelés pillanata és a napéjegyenlőség közötti időtartamot.

Kopernikusznak a *De Revolutionibusból* ismert mintegy száz megfigyelése, illetve a csillagász ránk maradt számos feljegyzése nem különösebben pontos. Jellemző azonban a célszerűen kiválasztott és alkalmazott mérések tervszerűsége és alapossága. Ilyenek az 1515-1516 között végzett megfigyelései, amelyekkel a Nap látszólagos mozgásának elméletét akarta finomítani. E jelenség tanulmányozása alapján Kopernikusz arra a megállapításra jutott, hogy a földpálya excentrikussága változik és az apszisvonalak elmozdulnak. Kitűnt tehát, hogy a *Commentariolus* geometriai megoldásait helyesbíteni kell. Megmutatkozott ez a földpálya megváltoztatásában is, amit Kopernikusz a *De Revolutionibusban* tett közzé: a Föld mozgását epiciklusokkal ellátott koncentrikus kör helyett excentrikus körök segítségével ábrázolta. Így egyszerűbben bemutathatta az általa felfedezett pályaparaméter-változásokat.

Időben nem véletlenül estek egybe Kopernikusznak a Nap látszólagos mozgására vonatkozó megfigyelései és elméleti munkái a naptárreformmal kapcsolatos viták újraéledésével. A XVI. században a Julián-naptár hibája, amely az év hosszának pontatlan

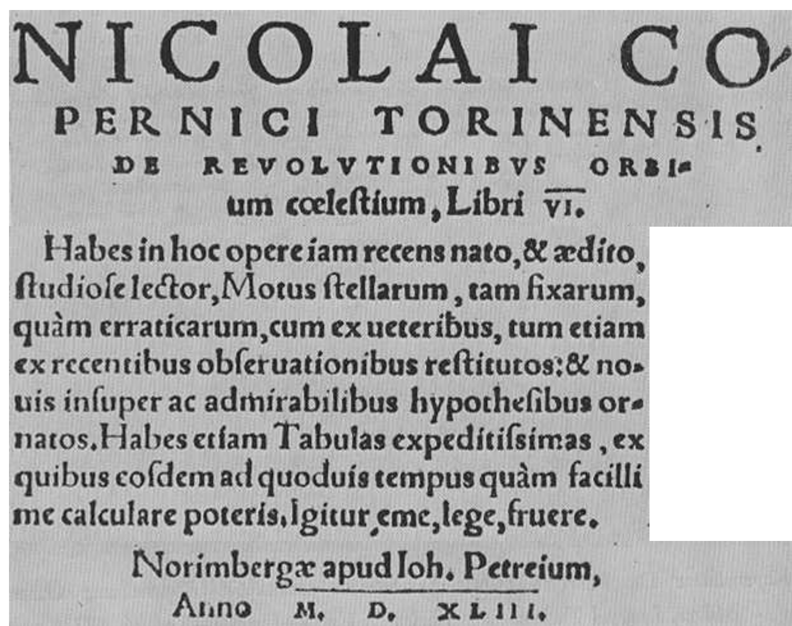
meghatározásából adódott, már elérte a 10 napot. A kiigazítás kérdésével az 1512-1516-os lateráni zsinaton *Middelburgi Pál* püspök kezdeményezésére összehívott és az ő vezetése alatt működő különbizottság foglalkozott. A püspök 1513-ban és 1516-ban értekezést írt a naptárreformról, ezeket a pápai brévével együtt küldték szét. A második megnevezte azokat a tudósokat, akik elküldték a reform szükségességére és végrehajtási módjára vonatkozó véleményüket. Közöttük volt Kopernikusz is. Válasza tartalmát nem ismerjük, a *Commentariolusban* tett kijelentései alapján azonban feltételezhetjük, hogy a reformot korainak ítélte meg, és további vizsgálatokat tartott szükségesnek. Úgy vélte ugyanis, hogy a tropikus év, „amelyre a különböző időkben végzett megfigyelések különböző hosszat adtak meg” nem állandó hosszúságú. (A tropikus év a naptárreform alapvető tényezője lett.) 1514 után pedig teljes figyelmét a Nap megfigyelésére összpontosította. Ezt a feltevést bizonyítja a *De Revolutionibus* első kiadása elé írt ajánlás következő részlete is: . .miután a lateráni zsinaton alaposan megvitatták az egyházi naptár reformjának kérdését, azt csak azért nem oldották meg, mivel sem az évekről és a hónapokról, sem a Nap és a Hold mozgásáról nem állt rendelkezésre elegendő pontos mérési adat.

Ez a követelmény ösztönözte Kopernikuszt új rendszerének részletes kidolgozására: „ez időtől kezdve a jeles Pál püspök Úr, Fossombrone püspöke buzdítására, aki ekkor ezt az ügyet irányította, megfeszítettem elmémet, hogy ezeket a dolgokat alaposan megvizsgáljam”.

1521-től kezdve Kopernikusz csaknem állandóan Fromborkban tartózkodott. A káptalanban különböző tisztségeket viselt. 1523-ban, amikor a püspöki szék betöltetlen volt, jószágigazgatóként az egész egyházmegyét igazgatta. Működésének jelentősége nem egyszer túlnőtt a helyi kereteken. 1517-ben Kopernikusz elmés módszereket tartalmazó tanulmányt írt a királyi Poroszföldön forgalomban levő pénz értékcsökkenésének okairól, következményeiről. 1522-ben a káptalan küldöttjeként a porosz tartománygyűlésen, Grudziadzban benyújtotta a korát megelőző elgondolásokon alapuló pénzreform tervezetét, célja az volt, hogy a pénz megjavításával erősítse a királyi Poroszföld és a korona egységet.

Kopernikusz elismert orvos lehetett, hiszen ő kezelte a warmiai püspököket, sőt 1541-ben a königsbergi udvarba is meghívták, hogy a benne bízó Albert nagyherceg gyógyulását előmozdítsa.

Kopernikusz fontos közügyi tevékenysége ellentmond annak a megjelölésnek, amellyel őt „fromborki remeté”-nek nevezték. Igaz, kevés emberrel állt bizalmas baráti kapcsolatban, különösen warmiai kanonoktársai között. E kevesek közé tartozott mindenekelőtt *Tiedemann Giese,* 1538-tól Chelmno püspöke, aki évtizedeken át Kopernikusz barátja és szellemi érdeklődésében társa volt. Kopernikuszt szoros barátság fűzte *Bernardus Wapowskihoz,* amelyet csak a krakkói tudós halála szakított meg 1535-ben. Wapowski kérésére írt 1524-ben kritikát

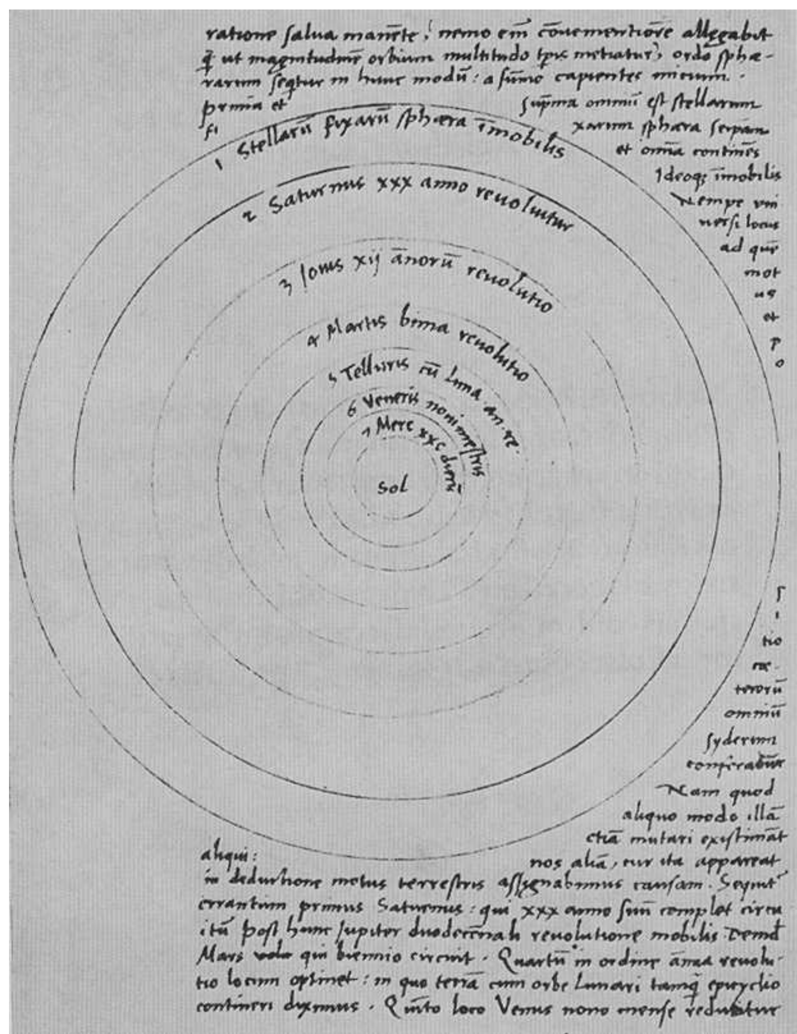


NICOLAI CO-
PERNICI TORINENSIS
DE REVOLVTIONIBVS ORBI-
um cœleſtium, Libri VI.

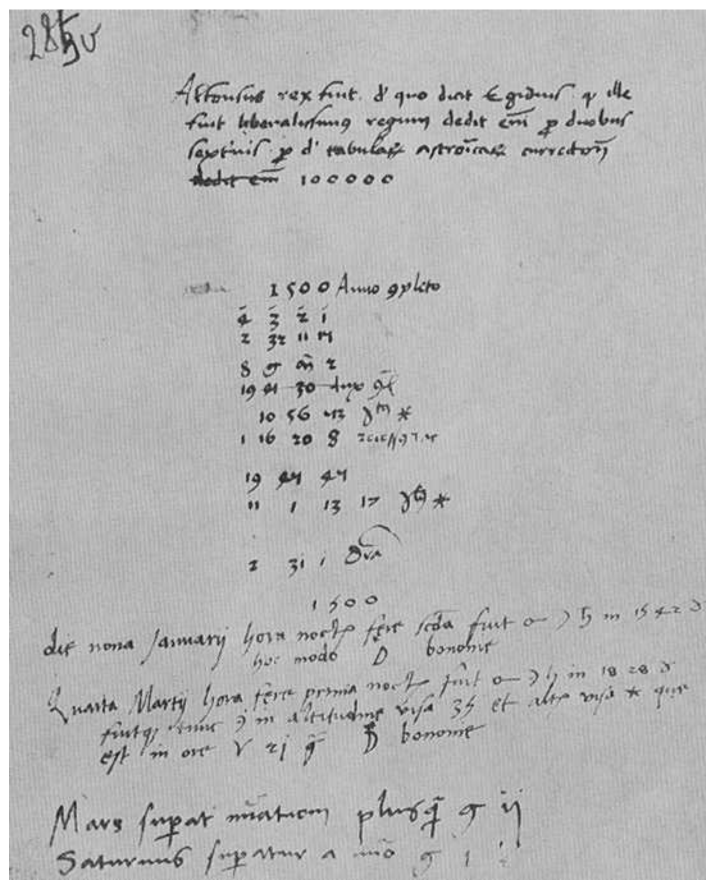
Habes in hoc opere iam recens nato, & ædito, ſtudioſe lector, Motus ſtellarum, tam fixarum, quàm erraticarum, cum ex ueteribus, tum etiam ex recentibus obſeruationibus reſtitutos: & nouis inſuper ac admirabilibus hypotheſibus ornatos. Habes etiam Tabulas expeditiſsimas, ex quibus eoſdem ad quoduis tempus quàm facillime calculare poteris. Igitur eme, lege, fruere.

Norimbergæ apud Ioh. Petreium,
Anno M. D. XLIII.

Kopernikusz De Rcvolutionibus *című műve nürnbergi kiadásának címlapja (a Varsói Egyetemi Könyvtár gyűjteményéből)*



Kopernikusz De Revolutionibus *kéziratának facsimiléje (Kopernikusz Összes Művei, Lengyel Tudományos Akadémia, Varsó—London—Krakkó, 1972)*



Az *uppsalai notesz egyik oldala (az uppsalai egyetem gyűjteményéből)*

Johann Werner nürnbergi csillagász és matematikus tanulmányáról, *A nyolcadik szféra mozgásáról.* Ez az értekezés, amelynek címe *Levél Wapowskihoz,* a *De Revolutionibuson és* a *Commentarioluson* kívül Kopernikusz egyetlen mai napig reánk maradt csillagászati szövege. A másik két művel ellentétben azonban a heliocentrikus csillagászat egyetlen elemét sem tartalmazza. Kopernikusz szigorúan bírálta Werner tanulmányának módszertani és tárgyi tévedéseit, de saját elméletét nem közölte, csupán általánosságban említette a *De Revolutionibus* kidolgozását: . .végezetül mindarról, amit én a nyolcadik szféra mozgásáról gondolok ... más helyen kívánok szólni”. Éppen ebben az időben írta Kopernikusz a *De Revolutionibus* IV. Könyvét, amelyet a precesszió elméletének és a Nap látszólagos

mozgása bemutatásának szentelt.[7] A *Commentariolushoz* képest Kopernikusz a *De Revolutionibusban* nemcsak a nappályára vonatkozó geometriai levezetéseket módosította, hanem más részleteket is megváltoztatott. Az apszisvonalak elmozdulásának felfedezése (erre az eredményre úgy jutott, hogy az 1523-ban végzett Mars megfigyeléstől kezdve összehasonlította saját bolygó megfigyeléseit Ptolemaiosz megfigyeléseivel) arra indította Kopernikuszt, hogy elvesse a *Commentariolusban* közölt nézetét a bolygópályák változatlan térbeli orientációjáról. A mű VI, a bolygók mozgásával foglalkozó könyvében a bolygópályát epiciklussal ellátott excentrikus körrel írta le, két epiciklussal ellátott kör helyett. Az apszisvonalak elmozdulását így egyszerűen az excentrikus kör középpontjának egyenletes körmozgásaként lehetett ábrázolni.

1530 körül a *De Revolutionibus* kézirata lényegében elkészült, Kopernikusz azonban még nem akarta kinyomatni művét. Később saját maga is kijelentette, félt az illetéktelen kritikától: „... a gúnytól való félelmem, amelytől tartanom kellett elméletem újszerűsége és nehezen érthető volta miatt, sokszor arra késztetett, hogy teljesen lemondjak a művemmel kapcsolatos szándékaimról”. Hivatkozott a pithagoreusokra, akik tanaikat nem közölték: „nehogy a leggyönyörűbb dolgokat, nagy emberek hosszú és fáradságos munkájának gyümölcseit lealacsonyításnak és lebecsmérlésnek tegyék ki azok részéről, akik vagy sajnálják a becsületes munkát minden olyan tudományra, amely nem hoz nekik hasznot, vagy... tompa értelműek és csak sündörögnek az igazi tudósok között, mint a herék a dolgozó méhek között”(ajánlás).

Bernardus Wapowski 1535-ös fromborki látogatása alkalmával Kopernikusz kizárólag olyan almanach kinyomásához járult hozzá, amely közli az égitesteknek a *De Revolutionibus* táblázatai alapján kiszámított helyzetét bizonyos időszakokban. A terv kezdeményezőjének még ugyanabban az évben bekövetkezett halála azonban meghiúsította a szándék megvalósulását. Kopernikusz kézirata a számításokkal együtt elveszett.

Kopernikusz tartózkodó magatartása ellenére a felfedezéséről és a készülő művéről szóló hírek Lengyelország határain túl is elterjedtek. 1533-ban már tárgyalták Kopernikusz felfedezését a

pápai udvarban. Három évvel később *Schönberger Miklós* kardinális, a domonkos rend fő prokurátora levelet küldött Kopernikusznak, aki még 1518-ból, lengyelországi diplomáciai utazásai idejéről ismerte őt. Schönberger biztatta Kopernikuszt, hogy hozza nyilvánosságra felfedezését, és megígérte, hogy népszerűsíteni fogja azt. Az új tanok megismerésére 1539 tavaszán Fromborkba érkezett a fiatal wittenbergi matematikaprofesszor, *Georg Joachim von Lauchen,* akit humanista nevén *Rheticusmk* ismerünk[8]. A 25 éves matematikus és csillagász, Melanchton pártfogoltja,Kopernikusz működésének hírére érkezett. Csakhamar az új tanok lelkes híve lett. Ott-tartózkodása alatt Kopernikusz újra kezdte a munkát a *De Revolutionibus* kéziratán. Nagy segítségére voltak ebben Rheticus magával hozott könyvei, elsősorban Ptolemaiosz művének görög kiadása (Basel, 1538). Ez sokkal hibátlanabb volt, mint az *Ahnageszt* latin fordítása (Velence, 1515), amelyet addig Kopernikusz használt; Rheticus magával hozta Regiomontanus *De triangulis otnnimodis* (Trigonometria, Nürnberg, 1533) című művét is. E munkák hatására Kopernikusz megváltoztatta a *De Revolutionibus* könyveinek rendszerét (hat könyv lett az eredeti hét helyett), több részt kiegészített, kibővítette a trigonometriai és a szférikus csillagászati szövegeket, valamint a bolygók Naptól való távolságának meghatározását tárgyaló részleteket. Már eldöntötte, hogy beleegyezik műve kiadásába. Felfedezése titokban tartásáról, amint azt a már idézett ajánlásban írta, barátai lebeszélték: „ezek között mindenekelőtt Schönberger Miklós, sokoldalú tudásáról széles körben jól ismert capuai kardinális, rajta kívül kedves barátom, Tiedemann Giese chelmnói püspök, aki a legnagyobb rajongással odaadó híve mind a teológiai, mind az egyéb más nemes tudományoknak. Ő ugyanis gyakran buzdított engem és nemegyszer keserű szemrehányások közepette sürgetett, hogy a művet kiadjam, amely nálam nem kilenc, de négyszer kilenc éven keresztül feküdt rejtekhelyén mélyen elrejtve... Ugyanezt kívánta tőlem egyébként nem egy kiváló tudós

Rheticus, miután megismerkedett Kopernikusz elméletével és a *De Revolucionibus* kéziratával, elkészítette a könyv terjedelmes kivonatát, és Gdanskban 1540ben a következő (rövidített) cím alatt ki is adta: *De libris... Nicolai Copernici... narratio prima* (Első elbeszélés... Nicolaus Copemicus... könyveiről). A felfedezést lelkesen tárgyaló *Narratio Primá*ban nagyon érdekesek a szerző saját

tapasztalatairól, a hallott véleményekről írt részek, például hogyan érvelt Giese a *De Revolutionibus* kiadása mellett. Különösen fontos azoknak a tudományos érveknek a felsorakoztatása, amelyek arra indították Kopernikuszt, hog;y elfogadja a Föld mozgását:

„Először is a napéjegyenlőségi pontok kétségtelen precessziója… és az ekliptika inklinációjának változásai alapján fogadta el barátom (Kopernikusz) azt a gondolatot, hogy a Föld mozgása okozhatja, vagy a legkönnyebben magyarázhatja az égbolton megfigyelt számos jelenséget.

Másodszor, a nappálya excentrikusságának csökkenése tükröződik … a többi bolygó excentrikus pályájában….

Harmadszor, a bolygók deferenseinek középpontja a Napban, mintegy a világ középpontjában helyezkedik el.

Negyedszer, mesterem úgy figyelte meg, hogy kizárólag ilyen módon végezhetnek a világ körei körmozgást a saját és nem valami más középpontok körül.”

Az ötödik érv teológiai jellegű. „A Föld mozgásának alkalmas elmélete” elégséges az égitestekről szóló megalapozott tudomány megteremtésére…

Az utolsó érv a világ harmóniájával foglalkozik. A régi mesterek „elméleteikben és szabályaikban nem vették elég komolyan figyelembe azt az elvet, hogy a világ elrendeződésének és körei mozgásának egyezni kell egy abszolút rendszerben

A levél formájában megírt *Narratio Prima* Johann Schöner nürnbergi csillagászhoz, számos csillagászati és csillagjóslási könyv szerzőjéhez és kiadójához szólt. Rheticus még lengyelországi útja előtt, 1538-ban ellátogatott Nürnbergbe. Valószínűleg megvitatta Kopernikusz kéziratának kiadási tervét ismerősei körében, közöttük Schöneren kívül *Johann Petreius* kiadóval és *Andreas Osiander* lutheránus teológussal. Amikor Rheticus 1541 őszén elhagyta Fromborkot, a *De Revolutionibus* végső, befejezett kézirata még nem készült el. Ezt bizonyítják Rheticus javításai és kiegészítései a kéziraton. Miután Rheticus visszatért Wittenbergbe, hamarosan kitűnt, hogy Kopernikusz könyvének kiadása késik. Egyrészt

befolyásolta ezt Melanchton kritikája, aki Lutherhez hasonlóan határozottan elvetette Kopernikusz elméletét[9], mint amely ellenkezik a szentírással, másrészt az 1541-1542-és téli szemeszterben Rhcticust teljesen lekötötte dékáni kötelességeinek teljesítése. Ebben az időben csak Kopernikusz *Trigonometriáját* (De lateribus et anguli triangulorum... libellus), a *De Revolutionibus* I. Könyvének befejező részét adták ki, amely különösebb vitát nem váltott ki.

A *Trigonometria* Regiomontanus és Werner hasonló művei mellett (ez utóbbi tanulmány kézirata századunkig fennmaradt) fontos része a kor matematikatörténetének. Bár Kopernikusz az előbbi munkától függetlenül írta könyvét, a három mű sok hasonlóságot mutat egymással. Ez érthető is, hiszen mindegyik ugyanazokat az ókori görög (Ptolemaiosz) és arab (Dzsabir ibn Hajján, latin nevén Geber) forrásmunkákat használta fel. A *Trigonometria* kinyomott szövegén kívül ránk maradt még az európai matematikába újonnan bevezetett szekáns szögfüggvény, értékeit Kopernikusz számította ki, és a függvénytáblázatot ezek alapján ő állította össze könyvtárának egyik könyvében.

1542 tavaszán Rheticus Nürnbergbe érkezett. Petreius műhelyében ekkor hozzáfogtak a *De Revolutionibus* kinyomásához. Komoly szemrehányás illeti a wittenbergi professzort, amiért a még nyers, sok számhibát (ha kisebbeket is) tartalmazó kéziratot Petreiusnak átadta. Súlyosabb következményekkel járt, hogy két hónap múlva el kellett hagynia Nürnberget, és a mű kiadásának ügyét Andreas Osianderre bízta.

Osiander, akit régóta érdekelt a *De Revolutionibus,* már 1540-ben levelezett Kopernikusszal és Rheticusszal. Már akkor javasolta Kopernikusznak, hogy „a peripatetikusok és a teológusok lecsillapítására, kiknek ellenvetéseitől tartasz”, az új elméletet csupán számítások elvégzéséhez jól alkalmazható formai hipotézisnek és ne a világmindenség valóságos leírásának tüntesse fel. Kopernikusz határozottan elvetette a javaslatot, és az 1542 júniusában írt és a kiadónak megküldött ajánlásban szilárdan kitartott álláspontja mellett. Ez azonban nem befolyásolta Osiandert, aki vagy számításból, vagy saját meggyőződéséből (hiszen a csillagászati elméletek fenomenalista kezelésének nagy

hagyományai voltak) a könyvben önkényesen változtatásokat hajtott végre. Névtelenül írott *Az olvasóhoz e mű tételeiről* című előszavában a *De Revolutionibus* tartalmát a hipotézis fokára süllyesztette: „... nem fontos, hogy vajon ezek a hipotézisek igazak-e, vagy csak valószínűek, elég annyi, hogy a bemutatott számítások a megfigyelésekkel megegyeznek... elég világos ugyanis, hogy ez a tudomány egyszerűen nem ismeri a mozgások látszólagos egyenetlenségeinek okait... Senki se várjon tehát a csillagászattól semmi bizonyosat a hipotézisek igazságáról, mivel az semmi bizonyosat abban nem adhat... .” A meghamisítás kiterjedt egyébként a könyv címére is, amelyet a következőképpen bővítettek ki: *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (A mű eredeti címe: *De Revolutionibus* (A körforgásokról). A kibővített cím: Az égi pályák körforgásairól.) Végül eltávolították Kopernikusz első könyvéhez írt előszavát, a csillagászati tudományok dicséretét is, amelyek „... a világmindenségben végbemenő csodálatos keringésekkel, a csillagok pályáival... valamint az égbolt összes jelenségének okaival foglalkoznak és megmagyarázzák a világ egész rendszerét”.

Kopernikusz művének nyomása 1543 márciusában, röviddel a 70 éves csillagász halála előtt fejeződött be. Hosszas betegség után 1543. május 24-én Nicolaus Kopernikusz Fromborkban meghalt.

Nicolai Copernici Thoruniensi de Revolutionibus Orbium Coelestium libri VI. (A toruni Nicolaus Kopernikusz hat könyve az égi pályák körforgásairól). Így hangzik a nürnbergi kiadás teljes címe, abban a nyomdai változatban, amely Osiander anonim előszavával és Schönberger Miklós kardinálisnak Kopernikuszhoz intézett levelével kezdődik. Az ezután következő III. Pál pápához írott ajánlásból már idéztünk részleteket. Itt a szerző elmondja aggályait műve nyilvánosságra hozatalával kapcsolatban, továbbá szól barátai ösztönzéséről. Az ajánlás további részében Kopernikusz ismerteti azokat a tényeket, amelyek alapján a matematikusok régóta kialakult véleménye és a tudományos világ csaknem általános meggyőződése ellenére volt bátorsága „elképzelni a Föld valamiféle mozgását”. Ez a fontos bekezdés így hangzik:

„Ezért szeretném, ha Szentséged tudná, semmi más nem indított engem arra az elhatározásra, hogy a világ szféráinak mozgását új elv alapján számítsam, csupán az az észrevétel, hogy a

matematikusok ez irányú kutatásaikban önmagukkal ellentmondásban vannak. Elsősorban a Nap és a Hold mozgásával kapcsolatban annyi kételyük van, hogy nem tudják meghatározni és kiszámítani a tropikus év állandó hosszát sem. Ezenkívül sem e két égitest, sem az öt bolygó mozgásának megállapításánál nem ugyanazokat az alapelveket és feltételeket alkalmazzák, és a megfigyelt keringések és mozgások magyarázatánál sem ugyanazokat a bizonyítékokat sorakoztatják fel.

Egyesek ugyanis csak a koncentrikus köröket fogadják el, mások viszont epiciklusokkal ellátott excentrikus köröket, de egyik módszerrel sem tudják a kívánt eredményeket teljes egészében elérni. A koncentrikus körökből kiindulva, valóban kimutattak bizonyos egyenlőtlen mozgásokat, de ennek alapján a megfigyelt jelenségekről nem tudtak semmit teljes biztonsággal megállapítani. Az excentrikus körök segítségével a megfigyelt mozgások túlnyomó részére látszatra megfelelő számadatokat nyertek, de eközben sok olyan tételt is elfogadtak, amelyek nyilvánvaló ellentétben állnak az egyenletes körmozgás alapelveivel. A legfontosabb dolgot, nevezetesen a világmindenség rendszerét és részeinek megállapított elrendeződését nem tudták feltárni, illetve tételeikből levezetni. Ugyanaz történt velük, mint azzal az emberrel, aki különböző helyekről szedné össze a kezeket, a lábakat, a fejet és egyéb testrészeket, ezután egymáshoz illesztené azokat nem is rosszul, de úgy, hogy sem egymáshoz, sem magához a testhez való arányuk nem lenne megfelelő. Ekkor inkább valamiféle szörnyalak, mintsem ember keletkeznék."

Ez az idézet felsorolja a kopernikuszi felfedezés legfontosabb kiindulási pontjait: a „tropikus év meghatározása", amely a precesszió helyes és pontos elméletét követeli meg, s amelyet Rheticus a *Narratio Prímában* első helyen tárgyal; „ellentmondás az egyenletes körmozgás alapelvével", amelyet a *Commentariolus*ban is hangsúlyoz, és amely talán már krakkói tanulmányai folyamán tudatosult benne; végül „a világmindenség rendszere és részeinek megállapított elrendeződése" bizonyára későbbi érv, amelyet alátámasztott a Föld mozgásaiban tapasztalt rend. Feltételezhető, hogy Kopernikusz hasonló célzattal utal az ókori tudósok kijelentéseire is: „... nem sajnáltam a fáradságot és újból elolvastam a filozófusok valamennyi számomra hozzáférhető művét, hogy

megállapítsam, vajon véletlenül valamelyikük a világmindenség szféráinak mozgásáról nem vélekedett-e másként, mint a matematikusok. És valóban legelőször Cicerónál találtam utalást arra[10], amely szerint *Niketasz* úgy véli, hogy a Föld forog. Később hasonló nézetű személyre bukkantam *Plutarkhosznál* is, akinek szavait idézem, hogy mindenki számára hozzáférhető legyen: »Az általános vélemény szerint a Föld egyhelyben áll.« A pithagoreus *Philolaosz* azonban úgy véli, hogy a Föld tűz körül kering, dőlt körön, hasonlóan, mint a Nap és a Hold.

A pontuszi *Heraklidész* és a pithagoreus Ekphantosz ugyancsak elismeri, hogy a Föld mozgást végez, de nem haladó, hanem forgó mozgást, mint a kerék, nyugatról kelet felé, saját középpontja körül[11]. Ezekből ösztönzést merítve, magam is gondolkozni kezdtem a Föld mozgásán."

Az ajánlás utolsó bekezdésében Kopernikusz igyekszik elejét venni a teológiai természetű kifogásoknak, amelyek az új tannak a szentírással való összeegyeztcthetctlcnségéből származhatnak. „Akadhatnak majd olyanok, akik szeretnek fecsegni, és a matematikai tudományok teljes ismerete nélkül jogot formálnak maguknak arra, hogy véleményt mondjanak e nézetekről a szentírás valamely hibásan fordított és céljaiknak megfelelően magyarázott része alapján és új elméletemet megbélyegzik és üldözni fogják. Én azonban nem törődöm ezekkel, oly mértékben nem, hogy ítéletüket mint meggondolatlant megvetem." Végül hangsúlyozza, hogy munkája hasznos a naptárreformhoz is.

Mint ismeretes, a nürnbergi kiadók elhagyták a *De Revolutionibus* I. Könyvét megnyitó bevezetést, valószínűleg azért, mert a szerző abban a csillagászat megismerői jelentőségéről vallott megyőződését juttatta kifejezésre. Ily módon, a kinyomott szövegből kimaradt az a megfogalmazás is, amely tanúsítja Kopernikusz viszonyát csillagász elődeihez: „...megvallom nyíltan, hogy itt sok dolgot másként adok meg, mint elődeim, bár az ő eredményeikből indulok ki, hiszen elsőként ők törtek utat e kérdések vizsgálataiban".

Az I. Könyv első fejezetei a csillagászat alapjait tárgyalják Ptolemaiosz művéből ismert sorrendben. A Föld mozgásának tárgyalása elé Kopernikusz azt írja, hogy a mozgás a világ óriási méretei mellett a megfigyelésekkel összeegyeztethető, „ugyanis

minden észlelhető változás vagy a megfigyelt tárgy mozgása vagy a megfigyelő mozgása eredményeként keletkezik”. Elveti Arisztotelésznek és Ptolemaiosznak a Föld mozdulatlanságára vonatkozó érveit, és felismeri, hogy a Föld a körülötte levő atmoszférával együtt forog (arisztotelészi értelemben), és ez a mozgás külső indítóokot nem igényel. Hivatkozik arra a csillagászati érvre, amely szerint rendkívül fontos a bolygók keringési egyenetlenségeinek tisztázása, és ennek alapján felismeri, hogy a Föld a bolygók egyike. Módosítja a nehézség peripatetikus fogalmát, amelyet a világmindenség középpontja felé irányuló nehézkedéssel azonosítottak. „Én mindenesetre úgy vélem, hogy a nehézség nem egyéb olyan természetes törekvésnél, amelyet a Világmindenség Teremtőjének isteni gondviselése adományozott a részeknek azért, hogy egységbe és egésszé kapcsolódjanak, együttesen gömb alakot alkossanak. Hitelt érdemlő dolog az is, hogy ugyanilyen törekvés létezik a Napon, a Holdon és minden fénylő bolygón..

A Föld mozgásának elismerése után így folytatja a szerző: „végezetül arra a véleményre jutunk, hogy a világ középpontja éppen a Napban van. Erre tanít meg minket a világ harmóniája és az elrendeződés törvénye, amely szerint a testek egymás után következnek”. Ez a törvény fontos érv Ptolemaiosz rendszere ellen, amely minden egyes bolygót a rendszertől különálló, elszigetelt részként tárgyal, s amelyben még a bolygók Naptól való távolságának ésszerű felsorolása is lehetetlen. Ezt az érvet fejti ki a híres tizedik fejezet a heliocentrikus rendszer leírásával. „Ebben az elrendezésben találtuk meg tehát a világ csodálatos rendjét, valamint a szférák mozgása és nagysága közötti harmonikus kapcsolatot, amelyet más módon feltárni nem lehet”.

„Az első és a legfontosabb az állócsillagok szférája, amely magában foglalja önmagát valamint az egész világot, és ezért mozdulatlan, tehát olyan helye az egésznek, hogy lehetséges rá vonatkoztatni a többi égitest mozgását és elhelyezkedését … A bolygók között első a Saturnus, amelynek keringési ideje harminc év, mögötte a Jupiter, amely keringését tizenkét év alatt teszi meg. Ezután a Mars következik, amely két év alatt végez egy keringést. E sorban az egyéves keringési idejű szféra foglalja el a negyedik helyet mint mondottuk itt helyezkedik el a Föld a Hold szférájával, mintegy kis

epiciklussal. Az ötödik helyen van a Venus, amely minden kilencedik hónapban tér vissza eredeti helyzetébe. Végül a hatodik hely a Merkúrt illeti, amely keringését nyolcvan nap alatt végzi el.

És mindezek középpontjában van a Nap...” (I. Könyv 10. fejezet).

A *De Revoíutionibus* leíró részét „a Föld háromféle mozgásának megindokolása” fejezi be (a 11. fejezetben); e mozgások a következők: a huszonnégy órás, az éves és a *Commentariolus* megvitatásából már ismert, s a földtengely lehajlásával (inklinációjával) kapcsolatos mozgás.

A könyv két utolsó fejezete a síkés a gömbtrigonometria ismertetését foglalja magában. Ezek képezték a RJheticus által 1542-ben kiadott különtanulmány tárgyát is. Mint már említettük, Kopernikusz trigonometriája kidolgozásakor ókori és középkori művekre (*Almageszt, Epitome,* Geber *Elementa astronomicáp)* támaszkodott.

A *De Revohitionibus* II. Könyve Kopernikusz alapvető tételeihez nem kapcsolódó szférikus csillagászattal foglalkozik. Ez a téma itt a csillagászat teljes ismertetésének egyik eleme, az *Almageszt* megfelelő fejezeteihez hasonlóan. Ptolemaiosz művével nem mutat hasonlóságot a II. Könyv befejező fejezete, amely az állócsillagok katalógusát tartalmazza. Az *Almagesztben* itt a napelmélct következik, amely a vonatkoztatási rendszer megállapításához vezet el: ennek segítségével elvégezhető a Hold és a bolygók analízise, valamint kijelölhetők a csillagok koordinátái a mozgó „nyolcadik szférán”. Kopernikusz szembehelyezkedik ezzel a megállapítással, az egész matematikai csillagászat számára egy alap vonatkoztatási rendszert ismer el az állócsillagok változatlan, mozdulatlan szféráján. A II. Könyvben felsorolt csillagok koordinátáit (ekliptikái hosszúságokat) tehát az egyik csillagra (Arietis) vonatkoztatva adta meg, és nem a csillagászok általános gyakorlatában szokásos napéjegyenlőségi pontokat vette alapul. Ezek mozgását az ókori és a középkori megfigyelések alapján akkoriban egyenlőtlennek tartották. Kopernikusz katalógusában a csillaghosszúságok tehát egy állandó értékkel különböznek Ptolemaiosz adataitól (az Arietis csillagkoordinátáinak megfelelően). Kopernikusz a többi adatot is tulajdonképpen Ptolemaiosztól vette át, éppúgy, mint magát a katalógusrendszert és az abban összegyűjtött csillagokat is.

A következő Könyvben az állócsillagok szférája által alkotott rendszerre vonatkoztatja a Nap látszólagos mozgásával kapcsolatos jelenségeket. A III. Könyv első részének tárgya tehát a kopernikuszi precesszióelmélct és azoknak a vizsgálódásoknak kritikai áttekintése, amelyekkel Kopernikusz a „nyolcadik szféra mozgásának” jelenségeit és következményeit magyarázta meg: a csillagok ekliptikái hosszúságának változását, valamint a tropikus év és a sziderikus év közötti eltérést. „E jelenségre egyesek kigondolták a kilencedik, mások a tizedik szférát és úgy vélték, hogy azok revén mennek végbe bizonyos jelenségek, de mégsem tudták bebizonyítani azt, amit ígértek. Sőt kezdett feltűnni már a tizenegyedik szféra is. Én a szférák e felesleges mennyiségét könnyen kimutatom a Föld mozgása által.”

Kopernikusz új csillagászati elméletének egyik legfontosabb felfedezése, hogy a jelenségek igazi okai a földtengely preccssziós mozgásában keresendők. A „Föld harmadik mozgása” matematikailag gondosan alátámasztott elmélete több mint 1800 év megfigyelési anyagára támaszkodik, *Timokhárisz* adataitól

a Szűz csillagkép legfényesebb csillagának, a Spicának 1515-1525 között végzett saját megfigyeléseiig. Ez tette lehetővé a precesszió sebességének nagyon pontos meghatározását. Tulajdonképpen a sebesség átlagértékét állapították meg, mivel Kopernikusz megfigyelési adatai a jelenségek egyenetlenségére utaltak, és arra késztették a csillagászt, hogy a periodikus „trcpidáció”-t valódi jelenségnek ismerje el. (A trcpidációt úgy magyarázta, hogy a földtengely deklinációját az ekliptika inklinációs szöge képzelt változásaiként fogadta el.)

A jelenségek kizárólag egyenletes körmozgás segítségével való ábrázolási elve megmaradt a harmonikus lineáris mozgásnak két körmozgásra való felbontása révén. A földtengely „trepidációjá”-nak természetesen zavart kellett okoznia a napéjegyenlőségi pontok precessziójában. A napelmélctben (a *De Revolutionibus* III. Könyvének második része) Kopernikusz a sziderikus évet választotta alapul (a Napnak ugyanahhoz a csillaghoz való két visszatérése között eltelt idő) az egyenetlenül egyik helyről a másikra átkerülő napéjegyenlőségi pontokhoz való visszatérésekkel mért tropikus év

helyett. A nappályát Kopernikusz excentrikus kör segítségével ábrázolta, az egyenletesen mozgó Föld körpályájának középpontja nem esik egybe tehát magával a Nappal. A Föld pályája azonban magyarázható a Nappal koncentrikus körön is, amint azt a lengyel tudós állítja, epiciklus, azaz a *Commentariolusból* már ismert rendszer segítségével. A két megoldás egyenértékű: „...a két lehetőség között nincs semmi különbség, csak a középpontok közötti távolság legyen egyenlő az epiciklus sugarával”. Aki tehát e két eset alapján vizsgálja az eget, nem lesz könnyű döntenie. Miután megállapította a földpálya apszisvonalainak mozgását (a látszólagos nappálya Földhöz legközelebbi pontját perigeumát és Földtől legtávolabbi pontját apogeumát), Kopernikusz kiegészítette a fenti egyszerű rendszert, feltételezve, hogy a deferens középpontja kis körön, a középhelyzet körül mozog.

Itt megengedte az alternatív megoldás lehetőségét (koncentrikus kör két epiciklussal). „és amikor ennyi út vezet ugyanahhoz az eredményhez, nem lenne könnyű megmondanom, hogy közülük melyik a helyénvaló...”

A IV. Könyv a holdmozgás elméletét, valamint a holdfogyatkozás kiszámításának módszereit tartalmazza. A könyvet bevezető ókori (ptolemaioszi) holdelméletek összefoglalásában Kopernikusz kifejti ellenvetéseit, amelyeket a *Commeutariolusbm* csak röviden érintett. Beszél természetesen a mozgás valódi egyenetlenségéről, amelyet Ptolemaiosz hirdetett elméletében (ez fellép mmd az epiciklus mozgásában a deferens mentén, mind a Hold keringésében). A második ellenvetés a holdtávolság változásaira vonatkozik. Az *Almageszt* szerint ugyanis a Hold a maximális távolság feléig megközelítheti a Földet. A *De Revolutionibusban* Kopernikusz ezt a téves kijelentést azzal a kézenfekvő ténnyel cáfolja, hogy a Hold látható korongja nagyobb átmérőváltozásokat nem mutat. A *Commetitariolusban* leírt gondolatot fejleszti tovább. A Földdel koncentrikus deferens hordozza a nagy epiciklust, amelynek mentén kering a kis epiciklus. Ez utóbbi kerületén mozog a Hold a nagy epiciklusétól kétszer nagyobb sebességgel. Az epiciklusok okozzák a holdhelyzetek eltéréseit (deklinációit) : a pálya valóságos elliptikussága, valamint (a kisebb epiciklus) a Ptolemaiosz által felfedezett és evekciónak nevezett egyenlőtlenség idézi elő az eltéréseket. A két egyenlőtlenségre elfogadva Ptolemaiosz értékét,

Kopernikusz kijelölte a holdpálya paramétereit. E munkájában egyrészt az *Almagesztből* vett megfigyelésekre, másrészt az 1500-1523 között végzett saját megfigyeléseire támaszkodott. A bolognai megfigyelést (1497 márciusában a Hold elfedte az Aldebarant) is felhasználta, hogy megerősítse a parallaxisra és így a Hold távolságára vonatkozó saját számításait.

Kopernikusz, éppúgy mint a napelméletében, itt is megengedett más egyenértékű geometriai megoldásokat: „a megfelelő arányok megtartása mellett ugyanezt meg lehet magyarázni excentrikus körök segítségével, inint ahogy azt a Nap pályájánál is tettem”.

A holdpálya fentebb leírt magyarázata nem Kopernikusz írásaiban bukkant fel először. A XIV. században *Ibn-as-Shatir* (1304-1376), damaszkuszi csillagász azonos eredményre jutott (koncentrikus kör két epiciklussal). Semmi jel sem mutat azonban arra, hogy Kopernikusz ezt a megoldást átvette volna. Valószínűleg a két elképzelés azért egyezik meg, mert mindkét kutató ugyanazokat a kiindulási alapelveket fogadta el, főként azt ismerték el, hogy az egyenletes körmozgás az egyetlen megengedhető mozgás az égitestek kinematikájában.

Ugyanebből a feltevésből vezethető le, hogy Kopernikusz és arab elődei: Ibn-as-Shatir valamint a maraghehi *Naszireddin* híres csillagászati iskola XIII. századbeli tudósai[12] bolygóelméletiikben egyaránt kis epiciklussal helyettesítik a ptolemaioszi ekvantumot.

A *De Revolutionibus* két utolsó könyve a bolygókat tárgyalja. Az V. Könyvben Kopernikusz a bolygóknak az ekliptika síkjában végzett mozgását vizsgálja, elődeihez hasonlóan, eltekintve a bolygópályák különböző lehajlásából, inklinációjából származó bolygómozgás elemzésétől. E kérdéseket tartalmazza a mű VI., befejező könyve.

A szerző saját megoldásai előtt röviden tárgyalja Ptolemaiosz modelljét és ismét ellenzi az ekvantum használatát. A következő fejezet a bolygók mozgásában megfigyelt, a Föld mozgásából eredő jelenségeket tárgyalja. A heliocentrikus bolygórendszerben nincsenek olyan nagy epiciklusok, amelyek segítségével a geocentrikus csillagászat megmagyarázta a bolygók által az égboltra írt hurkokat.

Magyarázatra várnak még a bolygók egyenletes körmozgástól való eltérései, amelyeket a bolygóknak a valóságban a körtől eltérő, elliptikus pályája idéz elő. Mint már említettük, Kopernikusz a *Commentariolusban* megadott geometriai megoldást (koncentrikus kör két epiciklussal) a *De RevoltUionibusbm* excentrikus körrel, deferenssel, és csak egy kis epiciklussal helyettesítette. Ha a bolygónak az epicikluson és az epiciklusnak a deferensen való mozgása során a szögsebességek azonosak, valamint az excentrikus kör és az epiciklus sugarának nagysága és aránya megfelelő, a keletkező pálya a bolygómozgást éppen olyan pontosan ábrázolja, mint a ptolemaioszi ekvantumot alkalmazó pálya.

Érdekes Kopernikusz régi és új modelljének összehasonlítása, amelyet az V. Könyv negyedik fejezete tartalmaz. A szerző megállapítja azok egyenértékűségét, mégis az excentrikus epiciklusos modellt választja, tekintettel a planetáris excentrikus köröknek a valóságos Naphoz viszonyított meghatározására.

A planetáris pályák paramétereit azonban az átlagnaphoz (illetve a földpálya középpontjához) viszonyítva állapítja meg, ami természetesen a planetáris jelenségek geocentrikus szemléletének maradványa. Másik ilyen hagyaték a bolygók látható helyzetének kiszámítására szolgáló számtáblázatok rendszere. Kopernikusz itt nem használta ki azt az egyszerűsítést, amelyet a koordináták heliocentrikus rendszere nyújt, és megtartotta a táblázatok ptolemaioszi formáját, amellyel a bolygók geocentrikus helyzete kevésbé pontosan állapítható meg.

Az egyes bolygókat a Naptól való távolságuk csökkenésének sorrendjében tárgyalja, tehát a Saturnustól a Merkúrig. Az *Almagesztből* átvett ókori megfigyelések és saját megfigyelései felhasználásával Kopernikusznak sikerült megállapítania a pályák paramétereit és az apszisvonalak mozgási sebességét, így igazolta a perihéliumok elmozdulását.

Ezzel a bolygómodellel megmagyarázhatta a külső bolygók, a Saturnus, Jupiter és a Mars mozgását. A belső bolygók (Venus és Merkúr) tárgyalásakor módosítani kellett ezt az elképzelést, mivel a Föld mozgása miatt a bolygómozgás átlagnaphoz való vonatkoztatása zavart okozott. Ez főként a legközelebbi bolygónak, a Venusnak a mozgásában tapasztalható.

A Merkúr pályája további műveleteket igényelt. Emlékezzünk arra, hogy e pálya nagy excentrikussága miatt a bolygót csak bizonyos szakaszán lehetett megfigyelni, és csak ebben az időszakban lehetett közelítőleg ábrázolni a bolygómozgást. Kopernikusz a Merkúrra és a Venusra is féléves időszakban oszcilláló deferenssel, excentrikus pályát fogadott el. Ez idő alatt a bolygó a vezérsugár mentén harmonikus mozgással elmozdul (Kopernikusz ezt a mozgásfajtát a III. Könyvben vezette be). A pályaparaméterek meghatározására az ókori megfigyeléseken kívül felhasználta *Bemardtis Walter* 1491—bői és 1504-ből származó észleléseit is.[13] A két megfigyelési csoport összehasonlítása lehetővé tette a Merkúr perihélium-mozgásának megállapítását: 63 év alatt 1°, „ha a mozgás egyenletes". Pontosabban: Kopernikusz a *De Rei'olutiombusbm* a merkurpálya két modelljét adta meg. Az alternatív megoldás a harmonikus mozgásnak a bolygóról a deferens középpontjába való áthelyezésén alapszik.

Az eddig elmondottak alapján képet alkothatunk Kopernikusz matematikai csillagászati elméletének jellegéről. Teljes meggyőződéssel hirdette a Föld háromféle mozgásának alapvető felfedezését, a heliocentrikus rendszer új struktúráját, mint amelyek a világ valóságos képét adják. A részletes geometriai modellek vonatkozásában Kopernikusz álláspontja változó a *De Revolutionibus*ban. Láttuk, hogy a Nap, a Hold és a Merkúr esetében egyaránt alternatív módszereket adott meg, és egyenértékűeknek tartotta azokat a „jelenségek ábrázolására". A legfontosabb azonban, hogy nem foglalt állást egyik modell realitása mellett sem. Így ezeket bizonyára nem tekintette végleges megoldásoknak, csupán próbálkozásoknak a heliocentrikus rendszer keretein belül.

A VI. Könyvben a bolygók mozgását tárgyaló elméletében világosan megmaradtak a geocentrikus csillagászat nyomai a Föld éves mozgása által szabályozott bolygópályák periodikus oszcillációja formájában. Lényeges újítás azonban a heliocentrikus rendszer elfogadásának következményeként, hogy a teljes planetáris pályáknak az ekliptika síkjához való lehajlását inklinációját veszi figyelembe a Ptolemaiosz csillagászatában használt epiciklus változó lehajlása, inklinációja helyett. A téma ismertetésében egyébként Kopernikusz pontosan követi az *Almagesztet.*

A *De Revolutionibus* sok helyen mutat hasonlóságot az *Almageszthez.* Helytelen volna azonban néhány szerző példája nyomán Kopernikusz művének jelentőségét lebecsülnünk. A lengyel tudós itt inkább céltudatosan igazolni kívánta, hogy a heliocentrikus tanok keretében a csillagászat minden területén minden jelenséget le lehet írni és ugyanolyan pontossággal meg lehet magyarázni. Egyetlen jelenség sem mond ellent e tanoknak. A *De Revolutionibus* nem az *Almageszt* mechanikus ismétlése. Ott, ahol a vonatkoztatási rendszer új koncepciója ezt megkívánta, Kopernikusz tudatosan megváltoztatta a bemutatás folyamatát (I. és III. Könyv).

Kopernikusz átfogó képet nyújtott kora csillagászatáról, miközben bemutatta azt a folyamatot, hogyan lehet a megfigyelési adatoktól az elméletig eljutni. A *De Revolutionibus* szerzőjét ezért már azelőtt is általánosan a csillagászat megújítójának tekintették, mielőtt a XVI-XVII. századforduló tudósai felismerték volna alapvető felfedezéseinek igazi jelentőségét és következményeit.

JEGYZETEK

1. Rheticus *Narratio Príma* művében (Gdansk, 1540).

2. A *De Revolutionibus* előszavában, a munka megírásának indítóokait tárgyalva Kopernikusz bírálta elődeit, akik „nem tudták sem felfedezni, sem levezetni a legfontosabb dolgot, nevezetesen a világmindenség rendszerét és részeinek megállapított elrendeződését”.

3. A térkép nem maradt ránk. Kopernikusz kartográfiai érdeklődését életének későbbi éveiből származó közlések igazolják.

4. A *Commentariolus* részleteinek angol fordításából. E. Rosen: *Three Copernican Treatises-bö*\ átvéve (New York, 1959).

5. Az ekvantumot már korábban törölték a holdelméletből: a XIV. századi damaszkuszi csillagász, *Ibn-as-Shatir* művében a holdpálya geometriai leírása a *Commentariolus* modelljével azonos. A számértékekben kisebb eltérések vannak.

6. Az ekvantumot már Kopernikusz előtt kiküszöbölték a csillagászatból a keleti csillagászok, így a már említett *Ibn-as-Shatir,*

valamint korábban *Naszireddin* csillagászati iskola Maraghehben (XIII. század). Lásd: E. S. Kennedy, V. Roberts *The Planetary Theory of Ibn-as-Shatir* Isis kötet: 50; 1959, 227-235 old.; E. S. Kennedy *Laté Medieval Planetary Theory* Isis kötet 57; 1966, 365378. old.

7. A mű felépítésében végrehajtott későbbi változtatások csökkentettek a könyvek számát, ennek eredményeként a precesszió elméletét, valamint a Föld mozgását a III. Könyv tartalmazza.

8. Részletes monográfiát írt Georg Rhcticusról K. H. Burmeister *Georg Joachim Rheticus. Eitte Biobibliographie* Wiesbaden, 1967-1968,1-3 kötet.

9. Kopernikusz barátja, *Tiedemann Giese,* hogy némiképpen megelőzze ezeket a vádakat, apologetikus tanulmányt írt Kopernikusz művéről; a tanulmány elveszett.

10. Cicero *Academica priora* II, 123.

11. Plutarkhosz *De placitis pbilosophorum* III, 13.

12. Lásd 6. pont. Nem szükséges hozzátenni, hogy az iszlám csillagászai módosították a bolygómozgás elméletét a geocentrikus rendszer keretén belül.

13. A nürnbergi *Bernardus Waltc.r* Regionion tanús tanítványa és tudományos hagyatékának örököse volt. Kopernikusznak nem volt elegendő megfigyelési eredménye a Merkúrról. Mint a *De Revolutionibus* V. Könyvében írta, e tekintetben az ókori csillagászokat „segítette derűsebb egük, ahol a Nílus mint mondják nem lehel ki olyan ködöket, mint nálunk a Visztula ... ezenkívül a Merkúr is ritkábban látható a szféra inklinációja miatt” (Frombork nagyobb földrajzi szélessége miatt).

JERZY DOBRZYCKI

- NICOLAUS KOPERNIKUSZ ÉLETÉNEK ÉS ALKOTÓ MUNKÁSSÁGÁNAK FŐBB ÁLLOMÁSAI
- KOPERNIKUSZTÓL EINSTEINIG
    - A történelem folyamán ritkán kerül olyan mély elle
    - BIBLIOGRÁFIA

1

2

NICOLAUS KOPERNIKUSZ ÉLETÉNEK ÉS ALKOTÓ MUNKÁSSÁGÁNAK FŐBB ÁLLOMÁSAI

1473. II. 19. Torunban megszületik Nicolaus (Mikolaj) Kopernikusz, Mikolaj toruni kereskedő és *Lukasz Watzenrode* (későbbi warmiai püspök) húgának, Barbarának a fia. 1483 körül Kopernikusz apja meghal.

1491 őszén Kopernikuszt beírják a krakkói egyetem anyakönyvébe.

1495. A krakkói egyetem szabad művészetek karán (facultas artium) végzett négyévi tanulás után Kopernikusz kétségtelenül Lukasz Watzenrode püspök támogatásával a fromborki káptalanban kanonoki állást kap, amelyet azonban a káptalan egy részének ellenkezése miatt csak 1497-ben erősítettek meg.

1496 őszén bátyjával, Andreasszal tanulmányai folytatására Olaszországba utazik.

1497. január a bolognai jogi egyetemen megkezdi egyházjogi tanulmányait.

1497. III. 9-én Dotnenico Maria di Novara bolognai csillagásszal együtt megfigyeléseket végez; ekkor ugyanis a Hold elfedte az Aldebaran csillagot. Ez Kopernikusz legkorábbi ismert csillagászati megfigyelése.

1500. Rómában tartózkodik, valószínűleg jogi gyakorlatot végez a római Kúrián. *Rheticus* későbbi közlése szerint Rómában szakemberek körében csillagászati előadásokat tart.

1501. Néhány hónapra visszatér Lengyelországba, és a káptalantól engedélyt szerez további olaszországi ezúttal orvosi tanulmányokra.

1501 őszén Padovában megkezdi orvosi tanulmányait.

1503. május-június Ferrarában tartózkodik, május 31-én elnyeri az egyházjog doktori fokozatát.

1503 nyarán Olaszországból visszatér Warmiába.

1503-tól 1512-ig Lidzbarkban él *Lukasz Watzenrode* warmiai püspök udvarában.

1504, 1505, 1507. Részt vesz a porosz tartománygyűléseken.

1507 körül kidolgozza a heliocentrikus elmélet első vázlatát *(Commentariolus),* amelyet kéziratban teijeszt.

1509 Krakkóban kiadják *Theophilaktosz Szimokattész* VII. századi bizánci történetíró *Levelek* című művét Kopernikusz latin fordításában *(Epistolae morales, rurales et amatoriae)*.

1510-1513 a warmiai káptalan kancellárja.

1512. márc. 29-én Torunban meghal *Lukasz Watzenrode* warmiai püspök. Röviddel előtte Kopernikusz Fromborkban telepedik le.

1513-1516 részt vesz a naptárreform vitájában, kidolgozza válaszát a lateráni zsinat naptárbizottságának körkérdésére.

1515 körül hozzákezd fő művéhez, a *De Revolutionibushoz.*

1516-1519 a káptalani birtokok jószágigazgatójaként az olsztyni várban él.

1517. augusztus 15. első pénzügyi értekezése írásának időpontja.

1519-1520 Fromborkban tartózkodik.

1520-1521 háború a német lovagrenddel.

1520. január a keresztesek támadásai folytán elpusztulnak a káptalan gazdasági épületei a fromborki vár körül. Kopernikusz Olsztynba költözik.

1520. augusztus végleg visszatér Fromborkba.

1521-1522 a káptalani birtokok felügyelője.

1522. március a porosz tartománygyűlésen átadja a pénzreformról írt értekezését.

1523. január-október a warmiai püspökség általános felügyelője,

amíg a püspöki tisztséget nem töltik be.

1523-1525 a káptalan kancellárja.

1524. június 3. Bernardus Wapowskinak elküldi Johann Werner *A nyolcadik szféra mozgása* című tanulmányáról írt kritikáját. Az értekezés, amelynek címe *Levél Bernardus Wapowskihoz,* számos XVI. század második feléből származó leírásban fennmaradt.

1528 kidolgozza a pénzreformról írt értekezésének végső változatát *(Monetae cudendae ratio),* reszt vesz a porosz tartománygyűlés pénzreformnak szentelt tanácskozásain Malborkban és Elbl?gban.

1528-29 a káptalan kancellárja.

1529. március 12. a Venus megfigyelése; ez Kopernikusz utolsó megfigyelése, amelyet a *De Revolutionibus* című művében felhasznált.

1530-32 káptalani felügyelő.

1531 kenyér-árszabályozást dolgoz ki Olsztyn város részére.

1533 a pápai titkár Rómában beszámol VII. Kelemen pápának a Föld mozgására vonatkozó kopernikuszi nézetekről.

1534-1537 káptalani felügyelő.

1535 Bernardus Wapowski kezdeményezésére csillagászati almanachot dolgoz ki (elveszett).

1536 Schönberger Miklós kardinális Kopernikuszt felfedezése publikálására buzdítja Rómából. Schönberger levelét a *De Revolutionibus* 1543-as első kiadásában megjelentették.

1539. május vége Rheticus (Georg Joachim von Lauchen) Fromborkba érkezik.

1539-1540 Kopernikusz kiegészíti a *De Revolutionibus* szövegét.

1539. június Luther Wittenbergben bírálja a név szerint nem említett „új csillagász” nézeteit, „aki be akarja bizonyítani, hogy a Föld

mozog”.

1539. szeptember Rheticus megírja *Narratio Prima* című művét.

1540. március Gdanskban nyomtatásban megjelenik a *Narratio Prima.*

1541. augusztus 20. Kopernikusz megfigyeli a napfogyatkozást (Kopernikusz utolsó ismert megfigyelése).

1541. április-május Königsbergben Albert herceget gyógyítja.

1541. október Philipp Melanchton Wittenbergben megbélyegzi Kopernikusz abszurd elméletét, amely „megmozdítja a Földet és megállítja a Napot”.

1541. Baselben megjelenik a *Narratio Prima* második kiadása. *Rheticus* elhagyja Warmiát, magával viszi Kopernikusz nyomtatásra szánt művének kéziratát.

1542.június Kopernikusz megírja ajánlását III. Pál pápának. Nürnbergben megkezdik a *De Revolutionibus* nyomását.

1542 Wittenbergben megjelenik Kopernikusz *Trigonometriája,* Rheticus

kiadásában. Ez a mű a *De Revolutionibus* I. Könyvének befejező része (De lateribus et anguli triangulorum... libellus).

1542. december első hír Kopernikusz betegségéről.

1543. március befejeződik a *De Revolutionibus* című mű nyomása.

1543. május 24. Kopernikusz Fromborkban meghal.

DE MOTU TERRAE ASSIDUO, SUA OPINIONE . . . PRAEDICAT, TŰM NOVA ILLA VÉTERIBUSQUE INCOGNITA SUPPUTATIO ASTRORUM

A Föld forgásáról saját véleményét hirdette, mivel ez az új kiszámítás a csillagokról a régiek előtt ismeretlen volt

ALEKSZANDER BIRKENMAJER

NICOLAUS KOPERNIKUSZ, A KORFORDULÓ CSILLAGÁSZA[1]

Mi Kopernikusz nagysága és átütő jelentősége a csillagászat történetében? Az emberiség az ő munkássága révén jutott el annak a rejtélynek a megoldásához, amely már sok ezer évvel azelőtt felkeltette érdeklődését. Ősidőktől fogva, amióta a Homo sapiens tekintetet az égboltra vetette, erősebb és gyengébb fényeket látott, amelyek az égbolton szüntelenül, különös módon vándoroltak. Pontosabban megfigyelve őket, arról győződött meg, hogy az égitestek nagy része, az ún. állócsillagok, egyetlen seregben vándorolnak, mindig egy irányban, mintha mindegyikük egy óriási, a Föld körül állandó sebességgel forgó gömbhöz volna szilárdan hozzárögzítve; mások ellenben, nevezetesen a Nap, a Hold és a bolygók, bár szintén részt vesznek ebben a forgó mozgásban, valamiféle saját mozgásokat is végeznek. Ennek következtében az állócsillagokhoz viszonyított helyzetük változik. A további megfigyelések azt mutatták, hogy e sajátos mozgások rendkívül zavarosak: pályáik ferdén futnak az égbolton, a bolygók olykor hurkokat írnak le, mozgásuk egyszer gyorsabb, másszor lassúbb, s az állócsillagokhoz viszonyítva egyszer nyugatról keletre, másszor keletről nyugatra irányul. Az emberben felvetődött a kérdés, hogyan tudnák kibogozni és megmagyarázni az égbolton látott mozgások összevisszaságát. A rejtély megoldásán sok-sok ókori és középkori tudós dolgozott, babilóniaiak, görögök, arabok: sorra születtek a legkülönbözőbb, egyre bonyolultabb „csillagászati rendszerek”, de egyik sem tudta maradék nélkül megmagyarázni az összes megfigyelt jelenséget. Végül született egy gondolkodó, aki az ámuldozó és hitetlenkedő világ kezébe Ariadné fonalat adott, amely ettől az időtől fogva

csalhatatlan vezető lett az égi labirintusban. Ez a zseniális gondolkodó a toruni *Nicolaus Kopernikusz* volt.

Még mielőtt történészhez illő teljes pártatlansággal értékelnénk Kopernikusz jelentőségét a csillagászatban, megadva a kellő tiszteletet szelleme erejének, de nem hallgatva el e nagy tudós esendő voltát sem, röviden be kell számolnunk a XV-XVI. század csillagászati elméleteiről. Ezek két nagy csoportra oszthatók, mindkettő görög bölcselők tanait veszi alapul. Az egyik *Arisztotelész*

és követői munkáihoz, a másik *Ptolemaiosz* és utódai munkásságához kapcsolódik. A két csoport bizonyos alaptételekben megegyezett, ezek közül különösen kettőt kell kiemelni. Az első tézis kimondja, hogy a Föld mozdulatlan és a világmindenség középpontjában helyezkedik el, ahogy erről naponta meggyőznek bennünket érzéki tapasztalataink; mindkét rendszer tehát geocentrikus volt. A másik tézis bizonyos apriori fizikai (vagy inkább metafizikai) elvekből következik, amelyeket *Platón* fogalmazott meg. A platóm filozófia, valamint az ókori és középkori fizika két alapvető mozgásfajtát különböztetett meg: az egyenes vonalú mozgásokat, amelyeket a Földön és annak legközelebbi környezetében figyelhetünk meg, valamint a körmozgásokat, amelyek az égitestek a csillagok és a bolygók jellemzői, de ide sorolták természetesen a Napot és a Holdat is. Úgy gondolták, hogy az égitesteknek, mivel sokkal tökéletesebbek, mint a földi dolgok, a lehető legtökéletesebb mozgásokat kell végezniük: azaz egyenletes, állandó sebességű körmozgást. Csak az ilyen mozgások „megengedettek” az égitestek számára hangoztatta Platón. Ezt a megállapítást, amelyet röviden Platón axiómájának nevezünk, a következőképpen is kifejezhetjük: „az égitestek általunk megfigyelt mozgásainak, bár gyakran igen bonyolultnak látszanak, olyanoknak kell lenniük, hogy egyenletes körmozgások alkalmas kombinációjára visszavezethessük azokat”.

Ilyen feltételek alapján építették fel a görög gondolkodók csillagászati elméleteiket, amelyek azután örökségként átmentek később a muzulmán kultúrterületre és a középkori keresztény Európába. Maga Platón, de főleg közvetlen utódai (Eudoxosz, Kalipposz, Arisztotelész) ilyen alapelveken építették fel „homocentrikus szférák rendszere”, azaz koncentrikus gömbök rendszere néven ismert csillagászati rendszerüket. Ennek lényeges összetevői a következők: a mozdulatlan Föld a világmindenség középpontjában nyugszik. Körülötte gömbök, azaz homocentrikus szférák forognak, közös középpontjuk a Föld középpontja. A legnagyobb, tehát a legkülső gömb változatlan szögsebességgel forog a „világ tengelye” körül, keletről nyugatra; ez az érv elégséges volt az e gömbön elhelyezkedő állócsillagok mozgásának magyarázatához. A bolygók mozgásának értelmezéséhez azonban sokkal összetettebb mechanizmusokra, nevezetesen sokkal több, a Földdel koncentrikus gömbre volt szükség. Minden egyes szféra

egyenletes sebességgel forog, de mindegyik más tengely körül, más szögsebességgel, sőt időnként a szomszédos szférával ellenkező irányban. A tengelyeknek megfelelő lehajlást (inklinációt), a sebességeknek megfelelő számértékeket adva, e mechanizmus segítségével nagyjából ábrázolni lehetett a bolygók szabálytalan mozgását az égbolton.

Arisztotelész műveiben vázlatosan ismertette ezt a csillagászati rendszert. Már a nagy görög tudós közvetlen tanítványainak életében, ha nem korábban, több görög csillagász arra a meggyőződésre jutott azonban, hogy e rendszer nem tudja megvilágítani az égen megfigyelt összes jelenséget, például azt, hogy néhány égitest egyszer közelebb van a Földhöz, máskor távolabb. Ezt az a körülmény is bizonyítja, hogy a napfogyatkozások egyszer teljesek, máskor gyűrűsek. Így az égitestek mozgására más, a megfigyelt jelenségekkel jobban megegyező mechanizmust kellett kigondolni. Ez az új rendszer a történelemben az „excentrikus körök és epiciklusok rendszere" elnevezést kapta. Általánosan *Ptolemaiosz rendszere*ként ismerik, mivel Klaudiosz Ptolemaiosz, az *Almageszt* szerzője volt e csillagászati rendszer leghíresebb képviselője. Az *Almagesztben* tárgyalt csillagászati mozgások pályája kétféle körből (vagy szférából) tevődik össze: excentrikus körökből, amelyek középpontjai kissé kívül fekszenek az állócsillagok szférája középpontján, vagyis a Föld középpontján (mivel a Föld mozdulatlanul nyugszik a világmindenség középpontjában); valamint epiciklusokból, tehát olyan körökből, amelyek középpontjai az előbbi, deferenseknek nevezett, excentrikus pályákon mozognak. A Mars például epiciklus kerületén kering, ezt a pályát egyszer a bolygó ún. szinodikus keringési ideje alatt futja be. Egyidejűleg azonban az epiciklus középpontja az excentrikus kör kerületén kering, egy körülfordulási a bolygó zodiákus keringési ideje alatt tesz meg. A Mars Föld körüli mozgása tehát összetett, mégpedig két körmozgás eredője (inkább háromé, ha az egész égbolt napi forgását is tekintetbe vesszük).

Az excentrikus körök és epiciklusok rendszerével sokkal jobban megmagyarázhatták az égbolton megfigyelt jelenségeket, mint a homocentrikus szférák

rendszerével. Nem csoda tehát, hogy a Ptolemaiosz és Kopernikusz közötti időszak csaknem minden csillagásza e rendszert követte. A csillagászok arra törekedtek, hogy Ptolemaiosz elméletét tökéletesítsék, erre alapozták táblázataikat és számításaikat is. Ennek ellenére sem szorult ki teljesen és merült feledésbe a homocentrikus szférák rendszere. Ezt a furcsa történelmi paradoxont a peripatetikus filozófiának és Arisztotelésznek óriási tekintélye magyarázza meg. Nem szükséges leírni azt az állandó harcot, amely e két egymással ellentétes elmélet hívei között lezajlott, elég annyit megjegyezni, hogy ez a vita 1200 körül a keresztény Európa területén is elkezdődött. Itt is két ellenséges tábor állt szemben egymással: a csillagászok, akik Ptolemaioszt követték, és a filozófusok, akik Arisztotelész nyomdokain haladtak. Mindkét tábor megszerezte és szilárdan tartotta helyét az egyetemi oktatásban: a homocentrikus szférák rendszerét Arisztotelész műveinek ismertetése mellett adták elő, az excentrikus körök és epiciklusok rendszere pedig a csillagászati szakelőadások alapját képezte. Így természetesen ellentmondások keletkeztek az előadások között; nemhiába voltak azonban a középkor századai (különösen a számunkra fontos XV. század) a tudományos szinkretizmus időszakai, amelyekben csodálatos, gyakran mesterkélt módon nem egy ellentmondást elnéztek és látszólag megmagyaráztak.

Nemcsak Arisztotelész és Ptolemaiosz mozgásmcchanizmusa közötti alapvető különbség volt azonban az egyetlen logikai veszély, amelyre Kopernikusz már fiatal éveiben rábukkant. Az akkori csillagászat, miután felszívta magába a görög, indiai, arab és nyugati eredetű tanításokat, több ilyen, egymással össze nem hangolt elemet rejtett magába. A legérdekesebb azonban, hogy az ókori „csillagászok fejedelme”, maga Ptolemaiosz sem egyezett mindenben önmagával. Arisztotelészhez hasonlóan ő is híve volt Platón axiómájának, amely kimondja, hogy az égbolton az egyedül „megengedhető” mozgás az egyenletes körmozgás. Az *Almageszt* III. Könyvében meg is adta e mozgás teljesen szabályos definícióját: olyan körmozgás, amelynek folyamán a kör középpontjából kivezető rádiuszvektor egyenlő idők alatt egyenlő szöget rajzol meg. Amikor azonban a szerző a planetáris pályák részletes leírására tért át, a helyzet kissé módosult. Az epiciklus középpontja ugyanis úgy mozdul el az excentrikus kör kerületén, hogy nem az excentrikus kör középpontjából, hanem a tér egy bizonyos másik pontjából

kivezető rádiuszvektor rajzol le egyenlő szögeket egyenlő idők alatt; ezt a pontot később a „mozgást kiegyenlítő kör” középpontjának nevezték. Ez a pont szabályozza Ptolemaiosznál a bolygó mozgását az epiciklus kerületén.

A Ptolemaiosz által fejtegetett körmozgások tehát valójában nem egyenletesek, hanem csak „látszólag egyenletes” mozgások. Platón axiómája, amelyet az alexandriai csillagász fenntartás nélkül elfogadott, és ennek az alapelvnek a gyakorlatban való alkalmazása között kétségtelen ellentmondás áll fenn, amelyeket Ptolemaiosz követői valószínűleg észrevették, de igyekeztek ezeket lekicsinyíteni és különböző dialektikai bűvészkedésekkel álcázni.

Kopernikusz új csillagászata megteremtésében első lépésként elvetette az összes szofista okoskodást, amelynek bizonyítania kellett Ptolemaiosz rendszerében az ellentmondások látszólagosságát. Volt bátorsága szembefordulni az egyetemen tanított nézetekkel, és megállapítani, hogy az ellentmondások valóban léteznek, és ezek a rendszer alapos megváltoztatását, ha nem új elmélet megalkotását követelik meg. E lépés lényege tehát a tagadás volt, amely eleinte kizárólag logikai premisszákon, valamint annak észrevételén és felismerésén alapult, hogy az égitestek mozgására abban az időben igaznak tartott elmélet következetlenséggel vádolható.

Nem ez volt azonban az egyetlen logikai ok, amely miatt Kopernikusz kételkedni kezdett a világmindenség felépítéséről szóló akkori tanokban, és amely felkeltette benne az „alkotói elégedetlenséget”. Ha el is tekintünk attól, hogy sérthette az a mély diszharmónia, amely az igazhitű peripatetikusok és a csillagászat szakemberei között fennállt erről már előzőleg beszéltem -, hozzá kell tennünk még azt is, hogy az ő idejében már senki előtt sem volt titok, hogy az *Almagesztben* leírt és az égbolton megfigyelt jelenségek csak közelítőleg egyeznek meg. I. sz. II. századában, amikor Ptolemaiosz élt, ez a pontosság még elegendő volt, de az évek múlásával egyre kevésbé felelt meg; világosan kitűnt ez a ténylegesen elvégzett megfigyelésekből. Ezek birtokában már az arabok hozzáfogtak az alexandriai csillagász művének helyesbítéséhez és kiegészítéséhez; az ő nyomdokain haladtak a latin csillagászok is. Az elvégzett helyesbítések néhány, nem

különösebben jelentős számadat megváltoztatására korlátozódtak (például a tropikus év hossza, az ekliptika inklinációja az egyenlítőhöz stb.); míg az excentrikus körök és epiciklusok rendszerének kiegészítései újabb kis és nagy körök hozzáadásából álltak.

Így az égitestek mozgásának mechanizmusa egyre bonyolultabb és áttekinthetetlenebb lett. Egyidejűleg növekedett az egyes csillagászok közötti ellentét is, mert míg egyesek elfogadták az adott helyesbítést vagy a kiegészítést, addig mások elvetették azokat, vagy újat vezettek be helyettük. Az elméleti csillagászatban egyre nagyobb lett a zűrzavar, a megfigyelések pedig újból és újból kimutatták a csillagászati táblázatok összeegyeztethetetlenségét az égbolttal. Ezek a tények Kopernikuszt arra ösztönözték, hogy kiutat keressen ebből a reménytelennek látszó állapotból. Nem kis szerepet játszottak nála azonban az esztétikai szempontok sem. Kitűnik ez a *De Revolutionibus* egyik bekezdéséből is, ahol Horatiust magyarázva elődeiről így beszél: *„accidit eis perinde ac si quis e diversis locis manus, pedes, caput aliaque tnembra optime quidem, séd non unius corporis comparatione depicta sumeret, nullatenus invicem sibi respondentibus, ut monstrum potius quam homo ex illis componeretur”* (ajánlás). („Ugyanaz történt velük, mint azzal az emberrel, aki különböző helyekről szedné össze a kezeket, a lábakat, a fejet és egyéb testrészeket, ezután egymáshoz illesztené azokat nem is rosszul, de úgy, hogy sem egymáshoz, sem magához a testhez való arányuk nem lenne megfelelő. Ekkor inkább valamiféle szörnyalak, mintsem ember keletkeznék.”)

Ilyen logikai és érzelmi okok alapján jutott el tehát a fiatal Kopernikusz ahhoz a következtetéshez, hogy a világmindenség, azaz a rend és az elrendeződés, másképpen épül fel, mint ahogy azt a peripatctikus-skolasztikus filozófia nagy alakjának hívei, vagy a gyakorlati csillagászat fejedelmének követői hirdetik. Ezzel a következtetéssel be is fejeződött munkásságában a kritika és a tagadás korszaka, s megkezdődött a keresés időszaka. Ekkor már az volt a célja, hogy az eddigi rendszerek romjain új, igazi, következetes, harmonikus rendszert építsen fel. Bizonyos ideig Kopernikusz maga sem tudta biztosan, milyen eszmék vezéreljék ezt az új rendszert. Mint maga elmondja, lelkesen hozzáfogott a különböző ókori latin és görög írók műveinek olvasásához, hogy

megtudja, nem voltak-e valamikor régen a jelenlegitől eltérő elképzelések a világmindenség felépítéséről. És valóban, a csillagászat történetének tanulmányozása során először Cicerónál, majd Plutarkhosznál és másoknál is talált homályos utalásokat (legkorábban 1498-ban) néhány görög gondolkodóra, főként a pithagoreusokra, akiknek az volt a véleményük, hogy a Föld nem mozdulatlan. Éppen ezek az utalások vezették el ahhoz a gondolathoz, hogy az új rendszer egyik alapkövéül a Föld mozgását válassza.

Ezen a ponton álljunk meg egy pillanatra és kérdezzük meg: tulajdonképpen milyen szerepet játszottak a pithagorcusokra talált utalások Kopernikusz gondolkodásának fejlődésében? Életrajzírói közül ugyanis néhányan túlzott jelentőséget tulajdonítanak ezeknek, és Kopernikusz szavaiban kutatják aimak elismerését, hogy tulajdonképpen nem ő volt a heliocentrikus rendszer megteremtője, csupán *Niketasz, Philolaosz, Heraklidész, Ekphantosz* és főleg a számoszi *Arisztarkhosz* kozmológiai elképzeléseit keltette életre. Ennek az álláspontnak a helytelenségét a későbbiekben fogom kifejteni. És most szeretnék azokhoz az életrajzírókhoz fordulni, akik éppen ellenkezőleg meg akarják „menteni" Kopernikusz önállóságát, lekicsinyelve a Cicero vagy Plutarkhosz olvasása közben talált utalások ösztönző hatását, amit pedig ő maga hangoztatott. Kétségbe vonják tehát Kopernikusz saját elbeszélését ezekről a buzdításokról, és úgy vélik, hogy a szerző a *De Revolutionibus* előszavában, műve forradalmi voltát kívánta kisebbíteni, ezért mondanivalóját azonnal az ókori gondolkodók tekintélyével támasztotta alá. Természetesen az ilyen véleményeket is el kell vetni, nemcsak azért, mert Kopernikusz őszinteségét kétségbe vonják, hanem főként azért, mert szükségtelenül kételkednek benne. Ha ugyanis valaki mélyebben beleéli magát Kopernikusz szellemiségébe, okvetlenül arra a szilárd meggyőződésre jut, hogy kora tipikus képviselője volt: egyrészt bátor újító, aki úttörő a tudomány fejlesztésében, másrészt azonban zsenialitása ellenére sem volt képes kiszabadítani magát a hagyományok kötelékeiből, még akkor sem, amikor ezek a hagyományok teljesen tévesek, mivel apriori elvekre támaszkodnak. Azonnal láthatjuk ezt konkrét példán is, ha a világmindenség kopernikuszi modelljének kinematikai oldalát vizsgáljuk. Más, ehhez hasonló példákat mellőzök, de általánosságban megállapítom

(és ez kétségtelenül tetszeni fog az antik világ kedvelőinek), hogy a mai csillagászat atyja a klasszikus ókor, s főleg a görög matematikusok és csillagászok óriási eredményeinek bűvöletében élt. Hiszen a mű első lapjai egyiken lovagi tisztelettel hódol hogy úgy mondjam fő ellenfele, Ptolemaiosz előtt, *,,admiranda sollertia et diligentia"* (Csodálatos leleményességű és szorgalmú.) hirdeti róla *(De Revolutionibus* I. bevezető); és más helyen pedig *,,vir ille mathematicorum eminentissimus"-ként* (Matematikusok legkiválóbb férfia.) említi *(De Revolutionibus* II, 14); Hipparkhoszt *„vir mirae sagacitatis"-nak* (Csodálatosan éleselméjű férfi.)nevezi *(De Revolutionibus* III, 1). Őszintén csodálta Kopernikusz az ókori szerzőket, csodálta őket nemcsak azért, mert korának a humanizmusnak és a reneszánsznak méltó fia volt, hanem azért is, mert az ókori bölcsek művei táplálták szellemét, mert egész egyszerűen tanítványuknak érezte magát. Vajon ennek fényében nem teljesen természetes-e, hogy a *„ccrtior ratio motuum machinae rnundi"* (Világmindenség mozgásmechanizmusának biztosabb értelmezése.) (ajánlás) keresésében éppen hozzájuk fordult tanácsért? Nem kell tehát semmiféle mellékgondolat után kutatni elbeszélésében, úgy kell elfogadni, ahogy a nagy csillagász valójában gondolta: tiszteletet érdemlő beismerés, hogy a Föld mozdulatlanságát hirdető dogma elvetésének lehetőségét keresve, figyelmét a pithagorcusi *placitá* (Pithagorcusi vélemények) felé fordította, amelyekről Cicero és Plutarkhosz tett említést.

Ez azonban korántsem jelenti azt, hogy „ez a néhány általános, ezelőtt már sokak által olvasott és talán képtelen, értelmetlen kuriózumnak tekintett utalás"[2] egyszeriben meggyőzte Kopernikuszt, hogy a Földet valóban valamilyen mozgásokkal kell felruháznia. Kopernikusz kezdeti álláspontját világosan jellemzik további mondatai: ezekben azt olvassuk, *„quamvis absurda opinio videbatur,"* (Jóllehet, képtelen véleménynek látszott.) elhatározta magát, *,,ut experiretur, an posito terrae aliquo motufirmiores demonstrationes... inveniri in revolutione orbium caelestium possent";* (Hogy megkísérli, vajon a Földnek valamilyen feltételezett mozgásával találhatna-e erősebb bizonyítékot az égitestek körmozgásaira.) *,,múlta et longa observatio"*(Sok és hosszú megfigyelés.) vezette el őt ahhoz a következtetéshez, hogy a régi, látszólag értelmetlen alapelvből nemcsak az égbolton megfigyelt összes jelenség, hanem ezenkívül a világmindenségben olyan rend is

következik, amelynek *„ut in nulla sui parte possit transponi aliquid sine reliquarum partium ac totius universitatis confusione”*(Egyetlen részében sem lehet áthelyezni semmit a többi rész és az egész világmindenség összezavarása nélkül.) (ajánlás). Íme a modern természetbúvárhoz méltó eljárás: először munkahipotézisként fogadta el a Föld mozgásának elvét, és csak akkor tekintette azt bebizonyítottnak, amikor annak sokoldalú felhasználhatósága teljesen feltárult.

Kopernikusz tehát elvetette Arisztotelész és Ptolemaiosz dogmáját a Föld mozdulatlanságáról, a kozmosz középpontjába a Napot helyezte, és megállapította, hogy körülötte kering a Föld és a többi bolygó. Nem vetette el azonban a csillagászat másik sarkalatos alapelvét, Platón axiómáját, amely kimondta, hogy a világegyetem egész kinematikája egyenletes körmozgásokból áll. Kopernikusz mindkét heliocentrikus modelljének óramechanizmust tulajdonított, amely egyenletes mozgással forgó kisebb és nagyobb körökből áll. Itt is megtaláljuk tehát a ptolemaioszi rendszerben előforduló deferenseket és epiciklusokat. Ptolemaiosz és Kopernikusz között azonban nemcsak az a különbség, hogy a heliocentrikus rendszerben a mozgások mechanizmusa egyszerűbb és áttekinthetőbb lett, de mindenekelőtt az is, hogy örökre eltűntek az ekvantumok és velük együtt a „látszólag egyenletes” mozgások, amelyeket az ókori rendszer megteremtői csendben, feltűnés nélkül bevezettek.

Az imént azt mondottam, hogy a bolygómozgások magyarázatára Kopernikusz két rendszert is kidolgozott: mindkettő heliocentrikus, és teljesen megfelel Platón axiómájának. Az elsőről mindössze egyetlen rövid, teljesen általános jellegű vázlat maradt ránk, amelynek címe: *Nicolai Copernici de hypothesibus motuum coelestium a se constitutis Commentariolus.* (Nicolaus Copernicus Kis Kommentárja az égi mozgásokra vonatkozó, saját maga által kidolgozott hipotézisekről.)

Kopernikusz a művet legkésőbb a XVI. század tízes éveiben írta, de nem nyomtatta ki, csupán kisszámú, legbizalmasabb barátainak szánta.

Nem állok itt meg, hogy feltegyem a kérdést, mi a különbség a heliocentrikus rendszer első felvázolása és a *De Revolutionibusban*

részletesen kifejtett elmélet között, amelyet főleg geometriai szempontok miatt a rendszer új alakjának kell tekinteni. Azt azonban szeretném megkérdezni, hogyan ítéljük meg Kopernikusz döntését a célszerűség és a hatékonyság szempontjából: Íriszen a *Commentariolus* megírása után csaknem azonnal hozzáfogott egy ugyanolyan témájú, de összehasonlíthatatlanul terjedelmesebb mű megírásához.

A *De Revolutionihust* Kopernikusz több mint húsz éven át írta és tökéletesítette. Elsősorban saját magának szánta; mint ismeretes, sokáig habozott, hogy kinyomassa és közzétegye-e; de mások számára is írta, legalábbis ugyanazoknak az olvasóknak, akiknek a *Commentariolust* is szánta. Számolnia kellett azzal a ténnyel, hogy minden óvatossága ellenére, forradalmi csillagászati elméletének híre előbb vagy utóbb a kortársai között elterjed. Ez valóban be is következett. Így nem lehetett számára közömbös, *,,quidalii de illis iudicaturi sint"* (Hogy ezekről mások mit gondolnak.) (ajánlás). Elsősorban attól kellett tartania, hogy akik nem ismerik fel a heliocentrikus rendszer egyszerűségét és belső logikáját, vita nélkül elvetik a Föld mozgására vonatkozó tételét, és görcsösen ragaszkodnak a régi, az évszázados hagyományok által szentesített, s a szemmel láthatóan hihetőt, „nyilvánvalóit bizonyítékként alapul vevő nézethez. Csak úgy harcolhatunk eredményesen az előítéletek ellen, és csak úgy' találhatunk hitelre legalább azok között a matematikusok között, akik *,,ingeniosi atque docti"*(Tehetségesek és tudósok.) (ajánlás), ha részletesen igazoljuk, hogy a heliocentrikus rendszer valóban megoldja az égitestek mozgásának rejtélyét amely az emberiséget története hajnala óta nyugtalanította. Ezért Kopernikusz életének második felében számos megfigyelést és számítást végzett, valamint ekkor írta meg művét, amellyel új, az eredetinél sokkal tökéletesebb *Almagesztet* akart alkotni.

A sok évi magányosan végzett óriási munka eredményeit Kopernikusz fő művében a világ mechanizmusának részletes kidolgozásához használta fel. A *De Revolutionibus* megírásához sokkal nagyobb erőfeszítésekre volt szükség, mint a *Commentariolushoz,* bár nem kellett a gondolkodását és a képzelőerejét annyira megfeszítenie, mint a heliocentrikus rendszer megalkotásakor. Kopernikusz életének második fele sok csillagász-történészben a „mélységes szánalom érzetét" kelti az „eltékozolt

munka tragédiája” miatt.[3] „Eltékozoltnak tartották azért, mert Kopernikusz élete végéig hűséges híve maradt Platón axiómájának. Kritika nélkül elfogadta tehát azt az apriori elvet, hogy az égitestek mozgásának az egyenletes körmozgások kombinációjára visszavezethetőnek kell lennie. Néhány évtizeddel Kopernikusz halála után *Johannes Kepler (*1571-1630) meggyőződött arról, hogy az égitestek mozgásánál e metafizikai szabály nem alkalmazható. Ezért elvetette Platón axiómáját, és helyére három híres törvényét helyezte. Az első és a legfontosabb (1609-ben közölte) kimondja, hogy minden bolygó olyan ellipszis pályán kering, amelynek fókuszában a Nap helyezkedik el. A finom művű óra, amelynek megszerkesztésére és beszabályozására Kopernikusz közel harminc év megfeszített munkáját szentelte, mintegy hetven év után megszűnt járni.

Vajon felhatalmaz-e ez bennünket, hogy Kopernikusz élete nagy részének „eltékozolt munkájáról” beszéljünk? Semmiképpen sem. Ha ugyanis Kopernikusz megelégedett volna heliocentrikus koncepciójának commentariolusbeli vázlatos ismertetésével, kétségtelenül a pithagoreusok sorsa jutott volna neki osztályrészül. Ezek az ókori tudósok már közel 2000 évvel előtte lehetségesnek tartották a Föld mozgását, de gondolataikat a kortársak és az utódok üres ábránd

nak minősítették, amely érdekességként előfordulhat, de el nem hihető. Rendszerének a XVI. és a XVII. századbeli hiteles története bizonyítja, hogy Kopernikuszt is ugyanez a sors fenyegette volna. Bekövetkezett, amitől Kopernikusz félt és amit meg akart előzni, amikor megírta III. Pál pápához szóló híres ajánlását: gondolatait értelmetlenségnek, mi több, istenkáromlásnak kiáltották ki, s csak maroknyi természetbúvárnak volt bátorsága ahhoz, hogy csatlakozzék az elmélethez. Mi győzte meg ezt a kisszámú csoportot? Elsősorban a csillagászati táblázatok, amelyeket Kopernikusz az új elmélet alapján állított össze, és amelyek jobban egyeztek az égbolttal, mint elődei táblázatai.

Egyáltalán nem veszett tehát kárba az a sok megfigyelés és számítás, amely kitöltötte Kopernikusz életének második felét, s amelynek gyümölcse a *De Revolutionibus.* Az égitestek mozgását megmagyarázó művészi geometriai rendszer, meg kell vallani, nem

tartotta magát sokáig a tudományban. Maga Kepler húzta ezt keresztül, aki az örök életű könyv birtokában levő példányába saját kezűleg bejegyezte, hogy az ,,*innumeras sapientiae opes"-t* (A bölcsesség megszámlálhatatlan kincseit.) foglalja magában. E felbecsülhetetlen kincsen képezte magát Kepler és alakult ki csillagászati tudása; a megírt és kinyomott *De Revolutionibus* közvetítésével a fromborki remete közvetett tanítványa lett. A tanítvány pedig tovább haladt mint mestere, leegyszerűsítette a heliocentrikus rendszert. Ez azonban egyáltalán nem ok arra, hogy kezünket tördeljük a mester állítólagos „tragédiája" miatt, inkább bizonyítja, hogy Kopernikusz herkulesi munkája nem volt hiábavaló, már hetven évvel később új gyümölcsöt termett a tudomány számára.

Megszokott dolog az emberi gondolkodás történetében, hogy a halhatatlan felfedezéseket nem fogalmazzák meg azonnal végleges formájukban. Ennek oka a természettudomány fejlődésének lényegében rejlik. „A világ kezdete óta fokozatosan növekedett a Bölcsesség, és növekedése a mai napig sem fejeződött be" ezeket a kissé naiv, de ugyanakkor igaz szavakat *Roger Bacon* írta a XIII. században. Manapság a világmindenség felépítéséről alkotott elképzelésünk alaposan különbözik nemcsak Kopernikusz, hanem Kepler, Galilei, Newton, Laplace stb. elképzeléseitől is. Még sincs befejezve és bizonyára soha nem is lesz az a nagy, új *Almageszt,* amelyről Kopernikusz álmodott, amikor hozzáfogott a *De Revolutionibus* megírásához. Ez azonban nem változtat azon a tényen, hogy a jelen csillagászatának alapja ez a mű.

JEGYZETEK

1. A *Mikolaj Kopernik* című értekezés egyik részlete; a Lengyel Filológiai Társaság közgyűlésén hangzott el, 1952. VI. 29-én Torunban. Publikálásra ez ideig nem került sor. E tanulmány címet és a kiegészítést Alekszaudra Maria Birkenmajer adta meg.

2. M. Ernst, idézet a *Mikolaj Kopernik* című műből, Lvvów 1924, 1-3, 4. old.

3. M. Ernst, uo. 10, 13. old.

OMNES SUA INDUSTRIA MATHEMATICOS IUVIT

Saját szorgalmával az összes matematikust segítette

WLODZIMIERZ ZONN

NICOLAUS KOPERNIKUSZ, AZ ÚJ CSILLAGÁSZAT MEGTEREMTŐJE

Kopernikusz életének és munkásságának főbb állomásait már ismerjük. A történelem azonban nem becsukott könyv és nem is volt az soha. Még inkább vonatkozik ez a tudományos felfedezésekre, amelyek értékelése a tudomány fejlődése során különböző. Ezért is fordulunk többek között gondolatban a tudomány történetében olyan fontos szerepet játszó reneszánsz kor embereihez, akik között Kopernikusz az egyik első helyet foglalja el.

Még egy indok van. Pszichológusok, szociológusok és tudománytörténészek kutatják az ember értelmi képességeinek kialakulását, különös figyelmet fordítva a nagy géniuszokra. Ezt elsősorban nem hódolatból teszik, hanem ezen az úton jobban megismerhetik az ember értelme és jelleme, valamint közelebbi és távolabbi környezete közötti rendkívül bonyolult kapcsolatokat. E kutatásoknak nemcsak tisztán a megismerésben van jelentősége, hanem ha ma nem is, de a jövőben, gyakorlati haszna is van. Éppen ezért érdemes időnként újra meg újra áttanulmányozni kiváló emberek történetét, mert utánuk mélyebb és tartósabb a nyom, mint a régi korok átlagemberei után. Ezzel a gondolattal kezdjük el tanulmányunkat, amelynek tárgya Kopernikusz munkássága és működésének területe, az általa alapvetően megreformált csillagászat.

A csillagászat a legrégibb tudományok egyike. A nappalok és az éjszakák egymásutánja, az évszakok ritmusa tudatos és öntudatlan életünk egyik leglényegesebb eleme volt mindig és ma is az. (Bizonyára így van ez az állatok életében is.) Ahhoz, hogy kellőképpen felismerjük és megállapítsuk e ritmusok időszakait és megértsük, miért következik az éjszaka után nappal, a tavasz után nyár, gondosan figyelnünk kell az eget, amely a mai napig is az emberiség elsődleges órája és naptára. Itt kapcsolódik szorosan össze a megismerői tevékenység és a gyakorlati szükséglet, mert

minden tervezésben még a szó legprimitívebb értelmében vett jelentésében is tudni kellett, mikor jön el az éj, meddig tart, vagy mikor kezdődik a tavaszi olvadás. Bizonyára ilyen időszak-számításokból fejlődött ki az ősi csillagászat.

A napszakok kijelölése sohasem okozott gondot, főként a földközi-tengeri országokban nem, ahonnan civilizációnk is származik. Ezekben az országokban a nappal és az éjszaka időtartama évszakonként nem sokat változik, s így e változásokat számításon kívül lehetett hagyni. Felosztották tehát a nappalt tizenkét részre (függetlenül a nappal időtartamától). A felosztás kiindulási pontja a dél volt, amikor a Nap napi útjának legmagasabb pontján áll, és amikor minden árnyék a legrövidebb. Az órákat „szemre" állapították meg: a Nap vándorlásának ívét a delelőtől jobbra és balra hat-hat részre osztották, és szemmértékkel meghatározták, hogy e szektorok közül melyikben található a Nap az adott pillanatban. Másik módszernél az árnyék hosszúságát vették alapul, és például arra az időpontra beszéltek meg találkozót, amikor az árnyék kétszer hosszabb volt az árnyékot vető tárgynál. Az éjszaka hosszát nem osztották szakaszokra, hiszen munkájukhoz nem volt rá szükségük.

Lényegesen nehezebben tudták meghatározni az évszakok hosszát; ez a feladat volt az ókori és középkori csillagászat Achilles-sarka.

„A római hadvezérek mindig győztek, de sohasem tudták, mikor aratták győzelmüket." így jellemzi az ókori Rómában uralkodó helyzetet a gúnyosságáról híres Voltaire. Tegyük ehhez hozzá, hogy a földművesek nem tudták, mikor kell kezdeniük a tavaszi vetést, az adófizetők nem tudták, mikor kell adót fizetniük és az adósok sem tudták, mikor kell visszafizetniük a felvett kölcsönt.

Különösen sok gondot okozott ez a probléma a Nílus menti lakóknak. Bizonyos évszakokban ugyanis e folyó áradásai döntően befolyásolták az egész évi mezőgazdasági termelést. Az áradások időpontjainak nem ismerése elemi csapást jelenthetett számukra.

Mint tudjuk, az évszakok a Napnak a földi egyenlítőhöz viszonyított helyzetétől függnek, a napszakok pedig a délkörhöz viszonyított helyzetétől. Nappal nem látjuk a csillagokat, ezért a Nap csillagokhoz viszonyított helyzete csak közvetve, tehát valamilyen

többé-kevésbé ötletes módszerrel állapítható meg. Az ilyen módszerek kidolgozásához azonban legalább nagyjából ismerni kell azokat az általános törvényeket, amelyek ennek az égitestnek a csillagokhoz viszonyított mozgását irányítják.

Bizonyára így keletkezett a csillagászat tudománya, amely a világmindenséget választotta tárgyául.

Rendkívül jellemző, hogy szinte a kezdet kezdetétől egészen a jelen pillanatig e tudomány módszerei sok mindenben változatlanok. Elsősorban a modellalkotásra gondolok itt; ez a geometriai (általánosabban matematikai) alkotásokból összerakott modell helyettesíti számunkra a valóságos alkotást, a mi esetünkben a világmindenséget. Így járunk el ma is, mégpedig nemcsak a kozmológiai, hanem sok más természettudományos probléma esetén is.

Minden modellben az egyes geometriai alkotásoknak bizonyos valóság felel meg, de egyúttal szándékosan vagy akaratlanul mellőzünk bizonyos tényeket vagy jelenségeket, amelyeket az egész megértése szempontjából kevésbé lényegesnek tartunk. A valóság gazdagsága és változatossága messze felülmúlja mindazt, amit az emberi agy kigondolni képes.

Az ilyenfajta mellőzés azonban nem mindig szerencsés. Itt az összes elméleti tudomány legnehezebb kérdését érintjük: a megoldandó feladatban mit tartsunk lényegesnek, és mit vessünk el mint „nem fontosat”. Erre természetesen nincs semmi előírás, sem útmutatás. Marad a tudós intuíciója és az a lehetőség, hogy a modellt a megfigyeléssel vagy a kísérlettel egyeztessük össze.

A modellalkotás egyik alapelve, hogy a modell működése feleljen meg a tudomány ismert, általános törvényeinek, a csillagászat esetében a fizikai törvényeknek. Hagynunk kell azonban kisebb-nagyobb hibahatárt, hiszen a fizika törvényeit nem tekinthetjük abszolút hibátlanoknak. A természet dolgaiban a végső fórum mégiscsak a természet és nem a fizikus laboratóriuma, ahol meglehetősen sajátságos, a világegyetemével nem azonos körülmények uralkodnak. Valójában a fizikusok mindent megtesznek, hogy laboratóriumukban utánozzák vagy megteremtsék a kozmoszban uralkodó viszonyokat, de a

reprodukció nem mindig kielégítően pontos. Ezenkívül a fizikai törvények megfogalmazása is hibás lehet. Ezért a csillagászok meggondolásai időnként nem felelnek meg a fizika törvényeinek, ami ugyan érdemeikül nem szolgál, de teljes diszkvalifikálásukhoz sem vezet.

Gondoljunk például arra, hogy egy általános törvény milyen végzetesen rányomta bélyegét Kopernikusz tevékenységére. Ez a törvény kimondta, hogy az égitestek csak egyenletes körmozgással mozoghatnak. Ezt a példát a csillagászok gyakran használják fegyverként a gáncsok és kifogások ellen, ha koncepciójuk nem egyezik meg a fizika törvényeivel.

A következő lépés a megalkotott modell kipróbálása a gyakorlatban, pontosabban szólva mennyire felel meg a modell mind a régi, mind az újonnan végzett megfigyeléseknek. E vizsgálat eredménye dönt a modell helyességéről. Sajnos a tudomány múltja sokkal szegényebb megfigyelésekben, mint a jelenkor és a jövő. Ezenkívül a régi megfigyelések rendszerint kevéssé pontosak. Ezért a modellt ritkán lehet azonnal egyeztetni a szükséges megfigyelési adatokkal. Rendszerint új megfigyelésekre kell várni, amelyeket az új modell kényszerít ki, vagy sugalmaz. Gyakran teljesen új megfigyelésekre van szükség, amelyek a modell teszt-vizsgálataitól függetlenül sok újat hozhatnak a tudományba, így a modell, a téves és hibátlan egyaránt, elősegítheti a tudomány fejlődését. Ez történt azzal az ókori modellel is, amelynek sok helyet szentelünk előadásunkban. Az ókori tudósok örökségül ránk hagyott világmindenség modelljei kétségtelenül segítették Kopernikusz vizsgálatait és az egész csillagászat fejlődését.

A modellek egy bizonyos időpontban tévessé válhatnak, ha egy új megfigyelés ellentmond felállításuk vagy működésük alapelvének. Ez az értéküket is csökkentheti, annak ellenére, hogy száz más előző megfigyelés a helyességüket igazolta. Így egyes modellek teljesen elveszítik jelentőségüket, használhatóságukat, másokból több elgondolást és megállapítást megőriznek a későbbi koncepciók, végül olyanok is vannak, amelyek kisebb-nagyobb helyesbítéssel vagy kiegészítéssel nagyon sokáig élnek, bizonyos értelemben talán örökké. Tudományunk azonban túl fiatal még ahhoz, hogy a ma létező modellekre ilyen értelmű jóslásokat tehessünk.

Eddig állandóan a „modell" szót használtam. Meg kell tehát magyaráznom, miben különbözik ez a kifejezés egy másik, hozzá közel álló. fogalomtól, az „elmélettől". Úgy vélem az elmélet értelme átfogóbb, mint a modellé, mert a logikai előzmények egész rendszerét tartalmazza, amelyek igazolják, hogy miért ezt s nem valamilyen másik modellt választottunk. Ezért is kerültem itt ennek a szónak a használatát, mivel többféle jelentése lehet, míg a modell fogalma mindenki számára eléggé egyértelmű. Ezenkívül asszociációt ébreszt a technikai értelemben felfogott modellel; asszociációt, amely jogos és egészséges, bár a technikai és a csillagászati modell természetesen nem azonos.

Térjünk azonban vissza a régi idők csillagászatához. Az első modelleket olyan törvény szellemében alkották meg, amelyet az ókorban alapvető fizikai törvénynek tekintettek, de amelyről később kitűnt, hogy hamis; nevezetesen: az égitestek kizárólag egyenletes körmozgással mozognak.

Ez az alapelv bizonyára a legegyszerűbb megfigyelésekből származott. A csillagok valóban egyenletes körmozgással mozognak (Földünkhöz viszonyítva), ami azonban a Föld egyenletes forgómozgásának következménye. Később megállapították, hogy a bolygók nem így mozognak, ugyanakkor azonban nem vetették el a törvényt. Lépésük nagymértékben hátráltatta a mechanizmus helyes megértését, viszont a gyakorlati és a formális célok szempontjából, valamint a csillagászat matematikai vizsgálatainál nagyon hasznos volt.

Az ókori csillagászok ugyanis felhasználtak egy megállapítást, amelynek helyességét csak a XIX. században állapították meg. Ez *Fourier* híres tétele, amely kissé egyszerűsített formában kimondja, hogy minden periodikus mozgás egyszerű körmozgások összegeként ábrázolható.

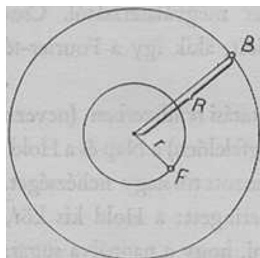
Mint tudjuk, a bolygók mozgása megközelíti az egyenletes körmozgást. Ilyen a Föld mozgása is, bár az ókoriak úgy vélekedtek, hogy a Föld mozdulatlan. Ebben az esetben Fourier törvényének alkalmazása még igazoltabbnak látszik, függetlenül a vonatkoztatási rendszer megválasztásától. Csodálnunk kell az ókori csillagászok matematikai intuícióit, akik így a Fourier-tétel előhírnökeivé váltak.

A Föld középpontjában elhelyezett vonatkoztatási rendszerben (nevezzük geocentrikusnak az elfogadott szóhasználatnak megfelelően) a Nap és a Hold mozgásának értelmezése legalábbis kezdetben, nem okozott túl nagy nehézséget. Mindkét test a Föld körül egyenletes körmozgással keringett: a Hold kis kör, a Nap nagy kör mentén. Könnyen tudták bizonyítani, hogy a nappálya sugara sokkal nagyobb, mint a Holdé: egyrészt a napfogyatkozásoknál a Hold rendszerint a Nap korongja előtt helyezkedik el, másrészt a Hold a Földet egy hónap alatt futja körbe, míg a Nap lényegesen hosszabb idő egy év alatt. Minél hosszabb valamely test keringési ideje (minél lassabban mozog az égen a csillagokhoz

képest), annál távolabb van tőlünk; helyes tehát ez az alapelv, amelyet az ókoriak szintén megalapozottság nélkül, kizárólag intuícióikra támaszkodva fogadtak el. Az állócsillagok nem e szabály szerint mozognak. Kétségtelenül a görög csillagászok egészséges valóságérzetét mutatja, hogy ezeket egyetlen, az összes között a legnagyobb gömbön helyezték el, amely huszonnégy óra alatt tesz meg egy fordulatot. Ma már tudjuk, hogy ez a mozgás a Föld forgómozgásának eredménye; ebben a mozgásban részt kell venni az égbolton található összes testnek. A régi görögök azonban a Földet mozdulatlannak tartották, azért az állócsillagok szférájáról és a világmindenségben található minden egyéb testről azt gondolták, hogy mozog. Egy rejtélyt azonban nem tártak fel: hogyan hat az állócsillagok forgómozgása e szférán belül található összes többi égitestre?

Különböző feltevések születtek: *Arisztotelész* például azt tanította, hogy az egész világmindenséget láthatatlan éter tölti ki, amely minden testnek átadja saját mozgását. Akár így, akár úgy, az állócsillagok szférája magával ragadta az egész világmindenséget. Ezért a görögök gyakran vizsgálták az egész égbolttal együtt forgó, mozgó rendszerben a bolygómozgásokat. Ezt a rendszert vesszük át most mi is a bolygómozgás elemzéséhez.

Mint tudjuk, a bolygók a Nap körül a kör kerületéhez hasonló zárt görbéken keringenek, amelyek középpontja a Nap. Az összes bolygó pályasíkja egymásba folyik. Ezért a bolygómozgást mozgásuk e közös síkjának (az 1. ábra síkja) vetületében fogjuk vizsgálni.

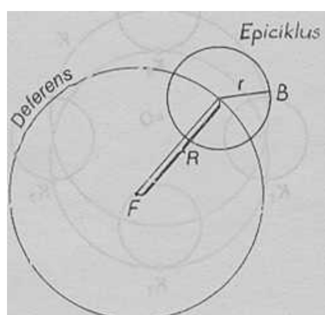


1. ábra. *Az* F *Föld és a* B *bolygó mozgása a heliocentrikus rendszerben.*

Az *r* sugarú *F* kör a Föld pályáját, az *R* sugarú *B* kör pedig valamelyik bolygó pályáját ábrázolja.

Ma már tudjuk, ha a vonatkoztatási rendszert egy másik helyre visszük át, a „régi" rendszerben vizsgált összes mozgáshoz hozzá kell adnunk az „új" rendszer régihez viszonyított mozgását. Ha a vonatkoztatási rendszert a Napról a Földre helyezzük (ezáltal tehát visszatérünk a görögök geocentrikus rendszeréhez), a Naphoz viszonyított minden mozgáshoz hozzá kell adnunk a Föld Nap körüli mozgását, vagyis az *r* sugarú kört (2. ábra). Az ókori terminológiának megfelelően az *r* sugarú kis kört epiciklusnak, az *R* sugarú nagy kört deferensnek nevezzük.

2. ábra. *Az* F *Föld és a* B *bolygó mozgása a geocentrikus rendszerben.*



Ha az ókori tudósok megfelelően választották meg a két kör méretét, a bolygó keringési idejét az epicikluson, és az epiciklus középpontját a deferensen, akkor a megfigyelések tökéletesen megegyeztek az elmélettel (abból az alapelvből kiindulva, hogy csak

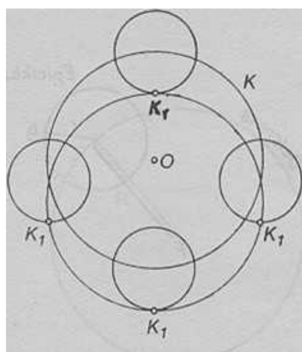
körpályák vannak).

Az alapelv és megfigyelések kismértékű eltérése esetén is tudtak magukon segítem a görögök, ez azonban kissé bonyolultabbá tette a geocentrikus modellt.

Nem akarok túlságosan mélyen belemerülni az akkori idők csillagászainak bonyolult geometriai magyarázataiba, példaként azonban bemutatom, hogyan módosították modelljüket elliptikushoz közel álló pályát véve tekintetbe. Az ellipszis fókuszából figyelve, a bolygó mozgása hasonlónak látszik, mintha kör kerületén mozogna, de az észlelő nem a kör középpontjában, hanem kissé középponton kívül, excentrikusán elhelyezkedve követné a mozgást. Ezért az ókoriak néhány kört a Föld középpontjához viszonyítva excentrikusán helyeztek el.

Más ötletes geometriai megoldást is kigondoltak: a *K* körhöz (3. ábra) hozzávették a K_1 epiciklust, ennek a kerületén mozgott a bolygó az epiciklus középpontjának a *K* kör mentén végzett keringésével ellenkező irányban. Így a K_1 az O-hoz képest excentrikus kört írt le.

3. ábra. *Az excentrikus kör menti mozgás ábrázolása két kör segítségével.*



Mivel a Föld és a többi bolygó pályája tulajdonképpen kissé összelapított ellipszis, a megfigyelések számának és pontosságának növekedésével párhuzamosan egyre több epiciklussal kellett kiegészíteni az eddigieket, mert csak így lehetett „megmenteni” az

ősi, egyszerű geocentrikus modellt. Az állandó tökéletesítés következményeként Kopernikusz idejében a világmindenség mintegy nyolcvan nagyobb és kisebb körből állt.

A geocentrikus modell keletkezésekor kétségtelenül alkotó jellegű volt, felhasználásával ugyanis különböző módszereket dolgoztak ki az idő kiszámítására és az évszakok hosszának meghatározására; ezenkívül mint minden tudományos elmélet, ez is új megfigyeléseket és a korábbi adatok felülvizsgálását vonta maga után. Emellett, mint már mondottuk, nagyon szellemes, ötletes, mondhatjuk zseniális matematikai koncepción alapult.

Hibáztathatnánk ezt a modellt, hogy „hamisan" a Földet helyezte a világ közepébe. Ez azonban csak a newtoni mechanika szerint helytelen, a mai fizika értelmezésében nem hibás. A természet egyetlen vonatkoztatási rendszert sem különböztet meg, a világegyetemben nincs egyetlen olyan pont sem, amelyben a rendszer tökéletes, vagy „igazi" volna, kiválasztása tisztán emberi dolog.

Ezek alapján a legtermészetesebb és legkézenfekvőbb az lenne, ha a vonatkoztatási rendszer origóját az észlelő szemében helyeznénk el; egyébként így járunk el mind a mai napig, amikor kezdő csillagászoknak a szférikus csillagászat elemeit tanítjuk. Ez a választás azonban egy bizonyos pillanatban igen nehézkessé válik; először azért, mert a bolygók ellipszis és nem kör mentén mozognak, az elliptikus mozgás leírása pedig ellipszis pályán mozgó vonatkoztatási rendszerben igen bonyolult matematikai feladat. Másodszor rendkívül bonyolult lenne a mozgás dinamikájának tárgyalása a geocentrikus rendszerben. Bonyolult lenne, de nem hamis. Tudjuk, hogy a mai dinamikában nincsenek a természet által megkülönböztetett rendszerek. Választhatjuk ma is a Földet a rendszer kezdőpontjául, és megalkothatjuk a dinamikát ebben a rendszerben Newton megállapításai ellenére. Egyáltalán nem lenne helytelen, csak több matematikai nehézséget okozna, mint ha a Napot választanánk vonatkoztatási rendszerül.

A newtoni mechanika megvilágításában a geocentrikus rendszer azért is helytelen volt, mert nem volt inerciarendszer. Ebben az időben a Nap-középű rendszer közelítette meg legjobban a newtoni ideált, amelyben szigorúan érvényesek voltak a klasszikus

mechanika Newton által alkotott törvényei. Sajnos vagy szerencsére, az inerciarendszer fogalma ma már anakronizmus, viszont egy meglehetősen szűk területen kényelmesen alkalmazható módszer.

A vonatkoztatási rendszer megválasztásának ilyenfajta tárgyalása természetesen nem jelenti a geocentrikus rendszer védclmezését, sem rehabilitálását, amire különben sincs semmi szükség. Csupán arról van szó, hogy e kérdésről modern és nem XVIII. századbeli nézetet vallunk, amely sokáig uralkodott és sajnos ma is nagyon elterjedt a széles közvéleményben.

A geocentrikus modell megnehezítette az elmélet tökéletesítését, nemcsak módszertani szempontból kényelmetlen vonatkoztatási rendszere miatt, hanem azért is, mert csak az egyenletes körmozgások létezéséből indult ki. Minden esetben, ha a bolygók mozgása nem egyezett meg az elmélet megállapításaival, meg kellett „menteni" a felfedezést, ez pedig újabb körök hozzáadását jelentette a világ fennálló gépezetéhez.

Az égbolttal valahogy úgy vagyunk, mint az órával. Mechanizmusának pontatlanságai csak az óra elindítása után derülnek ki. Csak napok és hetek után tudjuk feltárni hibáit és gyenge pontjait. A geocentrikus modell nagyon jól „dolgozott" beindítása után. A középkorban és az újkor kezdetén azonban a világ gépezete elavult.

A XI. században a sevillai *Geber* főként a geocentrikus modellben előforduló számadatokat bírálta. Nem csoda, hogy ezzel nem keltett nagyobb visszhangot a csillagászatban.

Lényegesen többet ért el kritikájával az „arab Arisztotelész", a híres cordovai *Averroes.* Mind Ptolemaiosz, mind Arisztotelész geocentrikus modelljét elemezte, és bár ez nem volt forradalmi lépés, mégis óriási fellendülést idézett elő a csillagászatban.

A XIII. században X. *Alfonz,* Kasztília királya kollégiumot hívott össze a legkiválóbb hatvan arab és zsidó csillagász részvételével, s javasolta az addig ismert összes csillagászati adat újbóli feldolgozását. Munkájuk eredményei a híres Alfonz-féle táblázatok; ezek sok adatot tartalmaznak, de nem adnak magyarázatot arra,

hogy egyes régi értékeket miért helyettesítettek másokkal. A táblázatok készítői előtt inkább az a szándék lebegett, hogy példásan eleget tegyenek az uralkodó által rájuk rótt kötelességeknek, mint hogy a valóságot megismerjék.

Ebben a korszakban az arab csillagászat haladóbb volt, mint az európai tudomány; itt ugyanis csaknem kizárólag csillagjóslással foglalkoztak. Így legalább nem hagyták abba a pontos csillagászati megfigyeléseket, de semmi többet nem tettek.

Nemcsak a csillagászat, hanem minden tudomány történetében kétségtelenül fordulópontot jelentett a kopernikuszi reform, amelynek bölcsője a reneszánsz kora. Az első pillanatban érthetetlennek tűnhet, hogy az ókori tudományok újjászületésének korszakában hogyan vetődhetett fel olyan gondolat, amely meglehetősen alapjaiban változtatta meg a világ ókori elméletét.

A reneszánsz mindenekelőtt az emberiség visszafordulása volt az antik idők eszményeihez, légköréhez, továbbá a középkor hosszú évei folyamán a tudományokban elburjánzott előítéletektől és korlátozásoktól mentes világszemlélethez. Ez a folyamat nem jelentette az ókori tudományok vak utánzását. Ellenkezőleg, hiszen az ókori csillagászok között is voltak bizonyos ellentétek, például Ptolemaiosz vitái Arisztotelésszel, amelyek alkalmas alapot teremtettek a világmindenség reformjához. Ne felejtsük el, hogy bármely eszme vagy koncepció megdöntéséhez már alaposan ismerni kell a témát. Ez pedig csak a reneszánsz korában vált lehetővé.

Kopernikusz előfutárja két német tudós volt; *Georg Peuerbach* és tanítványa, a Königsbergből származó *Johann Miiller,* akit *Regiomontanus* néven ismerünk. Mindketten a XV. században, a humanizmus korában éltek és működtek. Munkásságuk során Ptolemaiosz merev, dogmatikus tanait tudományos elméletté alakították át. Nem fogadták el műveinek régi fordítását, keresni kezdték az eredeti szöveget, és miután megtalálták, újból lefordították. Ezzel párhuzamosan hozzáfogtak Ptolemaiosz elméletének magyarázatához is és sok új, friss anyaggal gazdagították.

Ennek ellenére a geocentrikus rendszer a világ elavult koncepciója

maradt. A csillagászatban továbbra is teljes zűrzavar volt, amely egyre nagyobb nehézségeket okozott, mivel a tengerentúli országokkal folytatott kereskedelem növekedése és a hajózás fejlődése a csillagászok elé új, késedelmet nem tűrő feladatokat állított. A geocentrikus csillagászat ezeknek éppúgy nem tudott eleget tenni, mint ahogyan a csillagászok követelményeit sem tudta kielégíteni.

Kopernikusz korában fedezte fel Amerikát *Kolumbusz Kristóf* három rosszul felszerelt hajóval. Az Új Világ, amely nemrég még csak a legendák és mesék birodalmában létezett, mint örökké mérgező köddel borított táj, ahol egyszemű küklopszok laknak, egyszeriben földrajzi fogalommá vált. Így a rejtélyes, misztikus és legendás lényekkel benépesített Föld teljesen reális képződmény lett. De még nem bolygó, minthogy a világmindenségben elfoglalt középponti helyzete lehetetlenné teszi ennek a feltevését is.

Az új világmindenséget még nem fedezték fel. Továbbra is az ókori csillagászati kutatások, valamint a középkori dogmák és előítéletek keverékeiből kialakult különös törvények az igaz és a hamis keverékei alapján próbálták jelenségeit megmagyarázni. E felfedezéshez nagyobb elmélyedésre és bátorságra (bár másféle bátorságra) volt szükség, mint Kolumbusz új korszakot nyitó utazásához. A szerény fromborki kanonok, aki magát „toruni Nicolaus Kopernikusz”-nak nevezte, jellemezhető ezekkel a tulajdonságokkal.

Már nagyjából tudjuk, hogy Kopernikusz felfedezésének mi a csillagászati jelentősége: „megállította a Napot és megmozdította a Földet”, vagy ezt a mai fizika nyelvére lefordítva, megpróbálta az egész csillagászatot az eddigitől eltérő vonatkoztatási rendszerben leírni, a Napot választva annak kezdőpontjául. Ez a lépése lehetővé tette, hogy sok nehéz és homályos kérdést tisztázzon, és a világ egész mechanizmusát leegyszerűsítse. Egyúttal azonban automatikusan le kellett mondania mindenről, ami geometriai szemszögből a geocentrikus rendszer kvintesszenciáját alkotta, és egyben legnagyobb erénye volt: Fourier tételének csillagászati alkalmazásáról. Kiváló matematikus létére Kopernikusz nem tudta felmérni ezt a veszteséget. Az igazság és valóság érvényesülését az ókori tudomány erényei fölé helyezte.

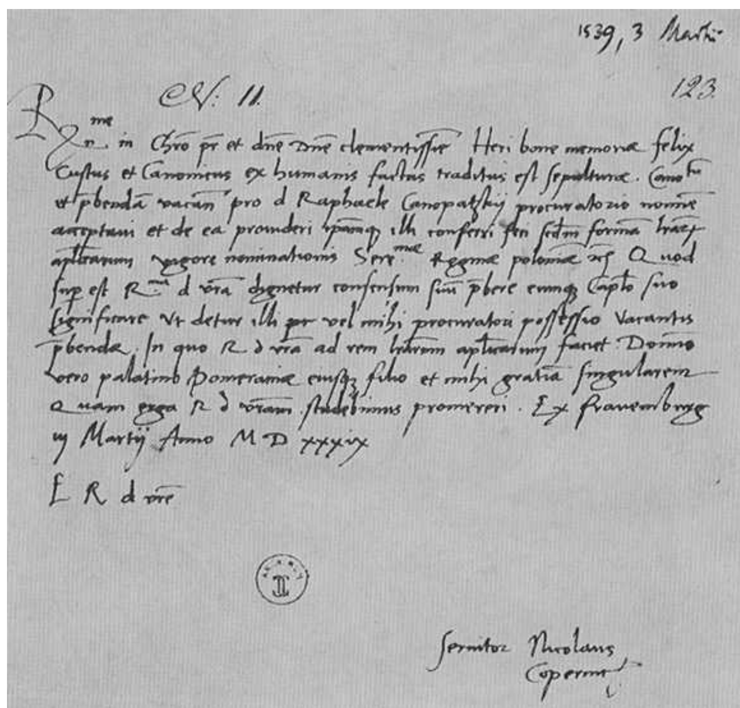
Ennek ellenére mégsem tudott egészen szakítani ezzel a tannal. Szilárdan hitt abban, hogy az égitestek mozgása csak egyenletes körmozgás lehet. Rendszerében ezt kifejezésre is juttatta, így bizonyos értelemben elferdítette azt. Minden esetben ugyanis, amikor a pálya elliptikusságát észlelte (a csillagászati megfigyelések pontosságának megfelelően), Kopernikusznak epiciklust kellett alkalmaznia, vagy a pályák középpontját a Napból egy szomszédos helyre kellett áttennie. Ennek eredményeként Kopernikusz rendszere egyáltalán nem volt olyan egyszerű, mint ahogyan azt mi néha elképzeljük, körülbelül negyven különböző nagyságú kört tartalmazott...! Ahhoz, hogy a heliocentrikus rendszer e régi maradványoktól megszabaduljon, *Johannes Kepler* sok évi fáradságos és háládatlan munkájára volt szükség, aki a Mars mozgását vizsgálta mesterének, *Tycho Brahénak* (1546-1601) sokéves megfigyelése alapján.

Kopernikusz rendszerének legfontosabb új vonása az volt, hogy a Föld elvesztette középponti helyzetét és bolygó lett. A Föld e „trónfosztása” filozófiailag is óriási jelentőségűvé és hatásúvá vált. Alapjaiban megváltozott ugyanis az ember szerepe, amelyet az ókori csillagászat annyira kiemelt. Ettől kezdve a Föld megszűnt Nagy Remete lenni. A bolygók egyikének lakója már nem tarthatott igényt arra, hogy a világmindenségben megkülönböztetett szerepet játsszék. A józan ész azt a gondolatot sugallta, hogy más bolygókon is élhetnek hozzá többé-kevésbé hasonló lények. Ilyen módon a természetben betöltött kisebb-nagyobb jelentőségének fogalma értelmét vesztette. A természetben minden egyazon törvénynek van alávetve. A Föld mozgását ugyanaz a fizikai törvény irányítja, mint a kő mozgását, amelyet egy komisz gyerek az ablakba hajít. Jóllehet a Föld és az ablaküveget bezúzó kő mozgása más, ennek a körülménynek itt semmi jelentősége sincs.

Nehéz volna megállapítani, hogy Kopernikusz megmozdítva a Földet láthatta-e előre műve óriási világnézet változtató hatását. Írásaiban ugyan nem utal ilyesmire, de ez nem bizonyítja meg, hogy erre nem gondolt.



Astrolabium a fromborki múzeumból. Háttérben Matejko : Kopernikusz Fromborkban *című képe (foto : Magdalain Rusinek)*



1539, 3 Martii

CV. 11. 123

Rme in Chro pr et dne Dne clementissime. Heri bone memorie felix
Custus et Canonicus ex humanis factus traditus est sepulture. Canonicatum
et pbenda vacan pro d Raphaele Conopatzky procuratorio nomine
acceptavi et de ea provideri supplicavi illi conferri fecit secundum forma litterarum
apostolicarum vigore nominationis Serme Regine polonie etc. Quod
superest Rma d vra dignetur consensum suum pbere eumque Capitulo suo
significare. Ut detur illi per vel mihi procuratori possessio Vacantis
pbende. In quo R d vra ad mentem litterarum apostolicarum faciet Domino
Ottoni palatino Pomeranie eiusque filio et mihi gratiam singularem
quam erga R d vram studebimus promereri. Ex Frauenburg
iij Martij Anno MDXXXIX

E R d vre

Servitor Nicolaus
Copernic

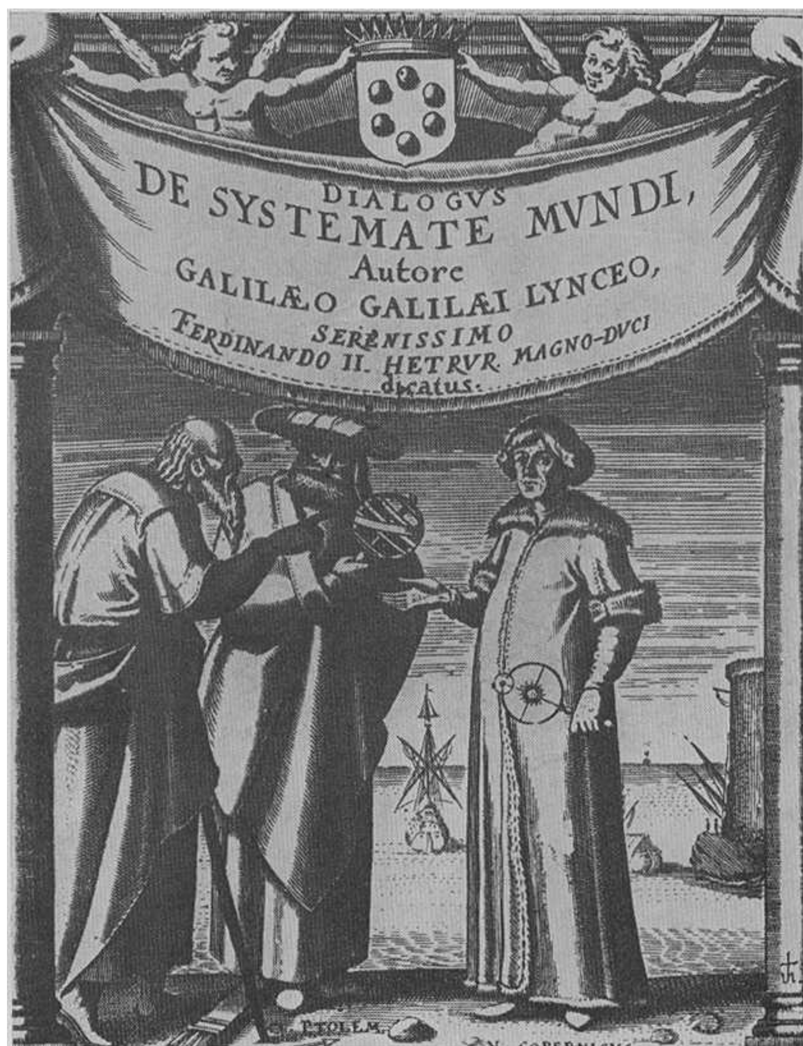
Kopernikusz levele Johannes Dantiscushoz Fromborkból, 1539. március 3-án (Varsói Nemzeti Könyvtár)



Toruni fillér elő- és hátlapja a XV. századból (a Varsói Nemzeti Múzeum gyűjteményéből, foto: Anna Pietrzak)

Gdanski hat garas előés hátlapja 1535-ből (a Varsói Nemzeti Múzeum gyűjteményéből, foto : Anna Pietrzak)


SIGISMVN·P·REX·POLO·DO·TO·CI·PRVSS
1535·GROSS·ARG·EX·DVP·CIVIT·DANCZK



Galileo Galilei Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo *című művének címlapja.*

Kopernikusz rendkívül szűkszavú és óvatos volt minden kijelentésében. Még inkább érvényes ez a filozófiára, amely nem volt sem közvetlen szakterülete, sem működési területe. Ezért ez a kérdés bizonyára örökre megoldatlan marad.

A fromborki kanonok elméletében a Napnak különleges szerep jutott: bolygórendszerünk középponti teste lett. Hamarosan azt is

megértették, hogy a Nap központi helyzete rendszerünkben egyáltalán nem jelent megkülönböztetett helyzetet a kozmoszban is. Ezt sejtette meg már néhány évtizeddel Kopernikusz halála után a híres *Giordano Bruno* (1548-1600). Ma már tudjuk, hogy a Nap bolygórendszerünkben csupán azért központi test, mert a többi bolygóhoz képest óriási tömegű.

Valószínűleg sohasem értjük meg teljesen, milyen úton jutnak el a zseniális emberek csodálatos felfedezéseikhez, még kevésbé értjük meg ezt Kopernikusz esetében, aki, mint mondottuk, rendkívül szűkszavú volt, elsősorban saját személyét illetően. Ebből a szempontból a *De Revolutionibus* című műben különös figyelmet érdemel egy rész. Kopernikusz itt azt fejtegeti, miért tartja saját rendszerét helyesebbnek, mint a geocentrikus rendszert. Véleménye szerint ugyanis az ókori csillagászok... „fontolgatásuk során, amelyet módszernek neveznek, vagy beiktattak, vagy mellőztek valami idegen és a tárggyal nem kapcsolatos dolgot, amire nem lett volna szükség, ha szigorúan megtartják az alapelveket; s ha az általuk alkalmazott liipotézisck nem lettek volna tévesek, mindennek, ami ezekből következik, meg kellett volna valósulnia... .”

Kopernikusz tanítványa, *Georg Joachim Rheticus* (1514-1576) mintegy folytatva mestere gondolatát, ezt állítja: „Arisztotelész azt mondotta,az a »felsőbb« igazság, amelynek következményei is igazak. Ennek szellemében Mesterem olyan hipotéziseket alkalmazott, amelyek igazolni tudták az elmúlt századok megfigyeléseit és amelyek, reméljük, a jövőben az összes csillagászati jelenségekből levont hipotézisek valódiságának alapjai lesznek..

A tudományos elméletek igazságának nem kritériuma, hogy állításai a fennálló filozófiai nézetekkel, és az ún. józan ésszel megegyezzenek. Egyezzenek meg a megfigyelésekkel és lehessen helytálló hipotéziseket felállítani: ez valamennyi tudományos elmélet igazságának fő kritériuma.

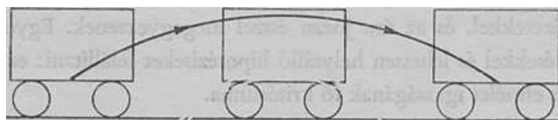
A heliocentrikus elmélet kétségtelenül eleget tett ennek a kritériumnak, de ennél többet is adott: a csillagászatot és közvetve a többi tudományt is a fejlődés helyes útjára irányította, kiszabadítva azokat a teljesen idegen filozófiai és vallási kötelékekből. Megfelel

tehát az arisztotelészi „felsőbb” igazságnak, amely kifejezést egyébként Kopernikusz soha nem használta. Nem azért, mintha nem lett volna tisztában saját megfontolásai igazságával vagy azok jelentőségével, bizonyára csak azért nem, mert ehhez túl szerény volt.

Térjünk azonban vissza a csillagászathoz. Kopernikusz művében ki nem mondottan benne foglaltatik egy, a tudományban a mai napig rendkívül jelentős alapelv, mégpedig az abszolút fogalmának tagadása a fizikában és a csillagászatban. A relativitás elvére gondolok itt amelyet a mozgásra vonatkoztatva *Galilei* fogalmazott meg, száz évvel Kopernikusz halála után. Ezt az elvet a fizika egyéb területein csak a XX. században fogadták el, de valójában az egész fizika „relativizálása” még ma sem fejeződött be.

A tudomány történetében tehát elsőként Kopernikusz helyezte át a vonatkoztatási rendszert az egyik pontból a másikba. Kiváló szellemi képességeire jellemző, hogy közben lépése minden kinematikai következményét előre látta. A fizikában kevésbé járatos olvasók számára megpróbálom szemléletessé tenni ezt az elvet egy átlátszó falú vasúti kocsiban utazó s labdát feldobó utas egyszerű példájával. Az utas úgy látja, hogy a labda egyenes vonalú mozgást végez. Másképpen látja azt az állomásfőnök, amikor a szerelvény elhagyja az állomást: számára a mozgás görbe vonalú, ahogy ezt a 4. ábrán ábrázoltuk. Egy harmadik személy pedig, aki a labda mozgását például a Hold felszínéről szemléli, egész más leírást ad róla. A legfontosabb azonban, hogy minden egyes leírás tökéletesen helyes és valós!

Valaki most azt mondhatná, hogy az utas leírása a „legjobb”, mivel az ő rendszerében írható le legegyszerűbben a mozgás. Ebben a rendszerben a mozgás egyenes vonalú, míg minden más rendszerben görbe vonal mentén megy végbe. Ez a leírás lesz a legjobb, de csak a mi partikuláris, emberi szemszögünkből nézve.



4. ábra. *A mozgás relativitásának ábrázolása.*

A természet azonban nem az emberi gondolkodás képére és hasonlatosságára épült fel, és ezért a mozgás mindegyik leírása teljesen egyenértékű.

Ebből következik, hogy a mozgás relatív fogalom, amely a megfigyelőnek a mozgó tárgyhoz viszonyított helyzetétől függ.

Valójában Kopernikusz nem fedezte fel a mozgás mai értelemben vett relativitásának elvét, de kétségtelen, hogy a koordináta-rendszer áthelyezésével e felfedezés előfutárának tekinthető.

"...Minden megfigyelt mozgás vagy a megfigyelt test, vagy a megfigyelő, vagy e két test különböző mozgásának eredménye” írja a *De Revolutionibuskxa,* és mindjárt idéz *Vergilius* költeményéből: „. . .Kifutottunk a kikötőből, a városok és mezők hátramaradtak” *(De Revolutionibus* I, 8).

Majd így folytatja: „... egy nyugodtan haladó hajóról minden hajón kívül álló tárgy úgy tűnik fel, mint hogyha az mozogna saját mozgásával, úgyhogy a hajósok akár azt is gondolhatnák, hogy ők maguk és a velük levő tárgyak nyugosznak. . .”

„...A Föld az a hely, amelyről az égboltot megfigyeljük és ahonnan az hozzáférhető tekintetünk számára. Ha elfogadjuk, hogy a Föld valamiféle mozgást végez, ezt szükségszerűen fel is fedezzük a kozmosz külső részeiben egy ellentétes irányú, mintegy a Földet kikerülő mozgásként. Mindenekelőtt ilyen az égbolt napi forgása. Úgy tűnik, hogy e mozgás a Föld s a rajta található tárgyak kivételével elragadja az egész világmindenséget. Ha azonban mégis úgy gondoljuk, hogy nem az égbolt mozog így, hanem a Föld forog nyugatról keletre, akkor mindenki, aki komolyan elgondolkodik a Nap, a Hold és a csillagok felkeltéről és lenyugvásáról, meggyőződik arról, hogy ez éppen így is van a valóságban.”

Újból idéz, ezúttal *Ciceró*t: „...midőn a Földdel együtt elmozdulunk, a Nap és a Hold elhagynak bennünket és a csillagok váltakozva felkelnek és lenyugszanak..

Ezután saját gondolatát írja le. „.. .minden mozgás, amelyet az állócsillagok égboltján észlelünk, nem magától az állócsillagok égboltjától származik, hanem a Föld mozgásából. A Föld tehát,

legközelebbi elemeivel együtt (valószínűleg a Föld légkörére gondol a *szerző)* naponta megfordul változatlan pólusai körül; az állócsillagok égboltja a legmagasabb égbolttal együtt mozdulatlan marad.”

„Hozzáteszem még, hogy meglehetősen képtelenség volna mozgást tulajdonítani a tartálynak a tartalom helyett, amilyen a Föld is”

Ha valóban a Föld forog tengelye körül és nem az égbolt, akkor a csillagok általunk megfigyelt napi mozgása relatív mozgás, amely a Föld forgásából ered. Így hát a csillagoknak azonosan kell mozogniuk, függetlenül attól, hogy hogyan helyezzük el azokat a térben: gömb felületén vagy tetszés szerint. Mindkét esetben a Földről ugyanaz a mozgás figyelhető meg: egy körülfordulás ideje huszonnégy óra. Ennek az egyszerű megfontolásnak az alapján az állócsillagok szférája teljesen fiktív alkotás.

Nem tudjuk, vajon így okoskodott-e Kopernikusz is. Rendszerében viszont megmaradt az állócsillagok szférája: még egy örökség az antik csillagászatból, még egy bizonyíték, milyen messzemenően követte Kopernikusz mesterét, Ptolemaioszt, annak ellenére, hogy megdöntötte rendszerét. Mégis úgy tűnik, a csillagász itt nagyon közel volt ahhoz, hogy megszüntesse az állócsillagok szféráját. A *De Revohitionibusban* (I, 8) idézi Arisztotelész meglehetősen elcsépelt mondását, amely itt azonban speciális értelmet nyer: „...ami végtelen, nem kerülhet ki bennünket, és semmiképpen sem mozdulhat meg”.

Óvatosságból és mivel közvetlen bizonyítéka nem volt, hozzáteszi a következőt: „Bízzuk a kérdést a természetfilozófusok döntésére, hogy a világ véges-e, vagy végtelen.

Kopernikusz elmélete azonban egyenes úton vezetett el az állócsillagok szférájának kiküszöböléséhez. Ez a fogalom valóban rövidesen el is tűnik a csillagászati fejtegetésekből.

Ha elfogadtuk, hogy a relativitás elve érvényes a Földre és az állócsillagokra, természetesen ugyanezt az elvet fel kellett használni a bolygómozgás magyarázatára is. El kellett tehát végezni az 1. és 2. ábrán bemutatott műveletet, de fordított sorrendben: a geocentrikus rendszerről át kellett térni a heliocentrikus rendszerre.

Kopernikusz tehát arra a meggyőződésre jutott, hogy a Földnek a napi mozgásán kívül még egy mozgása van: ez az éves mozgás, körtől nem sokban különböző pályán. (Ez a kijelentés a kortársak előtt bizonyára merészebbnek hatott, mint a Föld forgó mozgása.) A Föld, az összes bolygó a Nap körül kering, különböző sugarú körök kerületén, különböző keringési időkkel.

A dolgok ilyen értelmezése egyszerre több érthetetlen és homályos jelenséget megmagyaráz: a bolygók közül a Merkúr és a Venus az egész égbolton állandóan a Nap közelében tartózkodik, míg a többiek tetszőlegesen eltávolodnak tőle; három bolygónak, a Marsnak, Jupiternek és a Saturnusnak az epicikluson való mozgása furcsa, érthetetlen hasonlóságot mutat: a bolygókat epiciklusaik középpontjával összekötő sugarak mindig párhuzamosak egymással és a Föld-Nap iránnyal is; a Holdnak ugyanolyan szögátmérője van első és utolsó negyed idején, mint holdtölte és újhold idején, ami ellentmond a geocentrikus szemléletnek.

A heliocentrikus elméletben szükségtelenné válik az epiciklusok bonyolult rendszere. Valóban, ha a Föld egy év alatt körkerületet rajzol meg, mozgásának tükröződnie kell minden égitestnek, így a bolygóknak is az égbolton észlelt mozgásában. A bolygó Nap körüli mozgásához hozzá kell adni tehát az észlelőnek, azaz a Földnek a mozgását. Az égbolton megfigyelt bolygómozgás így két mozgás összege, a pályák pedig azok a hurkok, amelyeket az ókori csillagászok is ismertek, s amelyek magyarázatára kidolgozták saját epiciklus rendszerüket.

„Ebben az elrendezésben találtuk meg tehát a világ csodálatos rendjét, valamint a szférák mozgása és nagysága között fennálló harmonikus kapcsolatot, amelyet más módon feltárni nem lehet...” *(De Revolutioiiibus* I, 10).

A bolygók Nap körüli pályáiról Kopernikusz azt gondolta, hogy körök, a valóságban azonban a körtől kissé eltérnek.

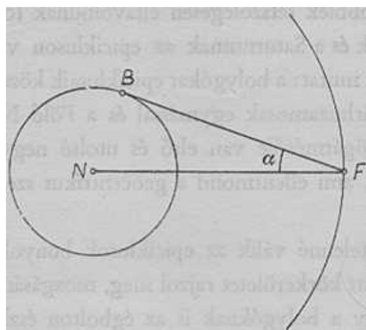
A Naphoz legközelebb van, és ezért a leggyorsabban kering a Merkúr; az ókoriak valószínűleg gyors mozgása miatt nevezték így. Távolabb kering a szép fehér fénnyel világító Venus.

E két bolygó soha nem távolodik el nagyon a Naptól (amint ezt az

5. ábra is feltünteti). A legnagyobb eltávolodás szöge a, a Venusnál 45°, a Merkúrnál 15°. Mindkét bolygó tehát csak este vagy reggel felé látható, éjfélkor soha, mivel a Nap mélyen a horizont alatt van. Ezért a Venust hajnal-, illetve esthajnal csillagnak nevezik. A Merkúr csak ritkán látható, mivel igen közel van a Naphoz.

A legenda szerint Kopernikusznak nem nyílt alkalma a Merkúr megfigyelésére. Ez a feltevés valószínűtlennek látszik, tekintettel arra, hogy sok évet töltött Olaszországban, ahol az éghajlati viszonyok sokkal kedvezőbbek, mint a Visztula-öbölben, későbbi évei megfigyeléseinek színhelyén.

Másképpen viselkednek az égbolton a földpályán kívüli bolygók: a Mars, a Jupiter és a Saturnus. A kopernikuszi elméletben a bolygók ilyenfajta csoportosítása megalapozott és érthető, mivel a földpálya valóban két csoportra osztja azokat. 5. ábra. *A belső bolygó Naptól való legnagyobb eltávolodása nem lépheti túl az α szöget.*



A külső bolygók a Mars, Jupiter és a Saturnus, a maguk hurokvonalát az égboltra rajzolva, mindig lassabban mozognak, mint a Nap, míg a belső bolygók a geocentrikus elmélet számára érthetetlenül egyszer megelőzik a Napot, másszor hátramaradnak.

Egyedül a Hold mozgását írta le csaknem változatlanul az új rendszer: ez az égitest továbbra is körbefutja a Földet „mintegy a kis epiciklus mentén”, ahogyan ezt Kopernikusz kifejezte. A Földdel együtt azonban körülfutja a Napot is. Ez a kijelentés a heliocentrikus elmélet új megállapítása. A Föld és a Hold sajátos miniatűr naprendszert, mintegy alrendszert képeznek.

Nagy vonalakban ez tehát Kopernikusz állócsillagok szférájával lezárt, heliocentrikus felépítésű világának gondolata. Vajon e gondolatnak nem voltak-e előhírnökei? Vajon egyedül Kopernikusz érdeme-e az új világkép felfedezése?

Arkhimédész és *Phtarkhosz* műveikben többször hivatkoztak egy görög csillagászra, a számoszi *Arisztarkhoszra,* szerinte nem a Föld, hanem a Nap a világmindenség középpontja.

Ezek az utalások minden tekintetben hitelt érdemlőek, főként Arkhimédész megjegyzései, aki Arisztarkhosz kortársa és bizonyos értelemben fiatalabb kollégája volt. Egyik helyen azt írja: a számoszi Arisztarkhosz "...feltételezte,

hogy az állócsillagok és a Nap mozdulatlanok, míg a Föld körpályán körbefutja a Napot".

Egyebütt sehol sincs nyoma a heliocentrikus gondolatnak, még magának Arisztarkhosznak a műveiben sem, aki pedig terjedelmes csillagászati művet hagyott maga után a Nap és a Hold méreteiről és távolságairól.

Arra következtethetünk, hogy Kopernikusz rövid utalásoknál többet nem olvashatott erről a témáról. Még valószínűbb, hogy ezeket az utalásokat nem is olvasta, különben megemlítette volna a *De Revolutionibusban,* ahol az esetleges támadások elleni védekezésül minden (egyébként nem sok) ókori csillagászt megemlített, akik műveikben kételyüket fejezték ki a Földnek a világmindenségben elfoglalt centrális helyzetét illetően: Plülolaosz, Heraklidész, Niketasz, Ekphantosz. Arisztarkhoszt nem említette.

Nem sokat változtat Kopernikusz jelentőségén az sem, ha olvasta is Arkhimédésznek a számoszi Arisztarkhoszra vonatkozó utalásait. Néhány mondat elolvasásától nem válik az egyszerű ember lángésszé. Csak a tudománytól igen távol álló emberek gondolhatják azt, hogy a nagy gondolatokat ki lehet ragadni alkalmi olvasmányokból vagy félfüllel hallott mondatokból. Az új gondolatok keletkezési mechanizmusa sokkal bonyolultabb és sokkal kevésbé kézzelfogható, még azok számára is, akik annak megteremtői. Egy biztos: minden külső hatásnak, ingernek a tudósban jól előkészített talajra kell találnia. Másképpen mindenki,

aki a leeső almát figyeli, Newton lenne.

Az ókori tudomány kétségtelenül ilyen talaj volt Kopernikusz számára, függetlenül attól, hogy az egyiptomi vagy görög tudósok milyen tanokat hirdettek.

Teljesen más dolog a számoszi Arisztarkhosz gondolatainak sikertelensége saját korában. Nem ismerjük azokat az érveket, amelyekkel a híres tudós feltételezését alátámasztotta, de az biztos, hogy ezek az érvek egyáltalán nem lehettek jelentéktelenek. Ennek ellenére mégsem győzték meg az ókori tudósokat, és sejtjük is, hogy miért.

Az ókori csillagászat szorosan összekapcsolódott a matematikával. A csillagászati modelleket tehát főképpen matematikai előnyeik szerint értékelték. Az epiciklusokat alkalmazó geocentrikus elmélet abban az időben formailag annyira tökéletes és ideológiailag annyira áttekinthető volt, hogy csak akkor lehetett volna elvetni, ha attól matematikailag sokkal tökéletesebb modellt állítottak volna fel. Ilyent pedig a számoszi Arisztarkhosz nem tudott javasolni.

Kopernikusz sem tudott ilyent javasolni, azonban az ő idejében már mások voltak a körülmények és más ideológia uralkodott. Az elmélet igazságának fő kritériuma az az elv lett, hogy az elmélet és a megfigyelések ne mondjanak egymásnak ellent. Ez a kritérium parancsolta később Keplernek, hogy a matematikai szempontból kényelmes körpályákról lemondjon. Ez parancsolta Galileinek, hogy olyan sok kísérletet végezzen, valamint távcsővel olyan gyakran figyelje meg a csillagokat és a Napot, aminek a következtében részben elvesztette látását is. Ebben a légkörben a lengyel csillagász óriási mennyiségű bizonyító anyaggal alátámasztott gondolatai valóban fordulópontot jelentettek. (Ez természetesen egyáltalán nem csökkenti a számoszi Arisztarkhosz ötletességét és éleslátását.)

Következetesen alkalmazva a mozgás relativitáselméletét, amelyet mint már mondottuk Kopernikusz soha nem fogalmazott meg, csillagászunk még egy kétségtelenül forradalmi lépést tett. Erről azonban kevesen tudnak, a csillagászok kis csoportját kivéve. A már Hipparkhosz ideje óta ismert precesszió jelenségének értelmezéséről van szó, amelyet az állócsillagok szférájának mozgásaként magyaráztak. Később még távolabbi szférák mozgásának gondolták,

s bevezették a csillagászatba a kilencedik, sőt a tizedik szférát. Kopernikusz, igen találóan, e mozgást a Földnek tulajdonította; elkövetett azonban egy hibát, amelyet követői, Galilei és Kepler könnyen kimutattak. Számunkra azonban maga az elgondolás érdekes: az állócsillagok mozgását átvitte a Föld mozgására. Ez újabb érv volt az állócsillagok szférájának megszüntetésére.

Ennek a felismerésnek még egy, nemcsak a csillagászat szempontjából jelentős következménye volt. Az ókoriak, akik az állócsillagok szféráját a precesszió jelensége miatt mozgó objektumnak tekintették, nem tudták erre vonatkoztatni megfigyeléseiket, azaz nem tudták azt vonatkoztatási rendszerként használni. Ez a körülmény még jobban megerősítette őket abban a meggyőződésükben, hogy a világon az egyetlen vonatkoztatási rendszer a Föld. Az egyik tengely irányául a napéjegyenlőségi pontot és nem csillagot választották. E pont helyzete pedig, mint tudjuk, a Föld és nem a csillagok helyzetével kapcsolatos.

Kopernikusz ismerve a napéjegyenlőségi pont mozgását (mint a precesszió következményét), új koordináta-rendszert javasolt, amely sok csillag átlaghelyzetén alapszik. "...Nem a csillagok helyzetét kell a napéjegyenlőségi pontra vonatkoztatni, amely az idő múlásával megváltozik, hanem ellenkezőleg,

a napéjegyenlőségi pont helyzetét kell a csillagok szférájára vonatkoztatni...” *(De Revolutionibus* I, 11).

Kopernikusz munkássága alapján a csillagászok alkalmazni kezdték azt a vonatkoztatási rendszert, amelyet később Galilei-féle vonatkoztatási rendszernek neveztek el. Szerepe a fizikában óriási volt. Teljesen általános, és bolygórendszerünket teljesen kikapcsolja a világmindenség egészéről alkotott megfontolásokból. Ezt használjuk ma is, bár bizonyos módosításokat megpróbálunk végrehajtani rajta, például a csillagokat a távoli galaktikákkal helyettesíteni.

A heliocentrikus elmélet szerint a Föld egy év alatt végez egy keringést a Nap körül olyan pályán, amelyről Kopernikusz azt gondolta, hogy kör, de amely a valóságban a körtől kevéssé eltér. Ennek a mozgásnak Arisztotelész és Kopernikusz feltevéseivel egybevágóan „tükröződnie” kell az összes égitesten, tehát a

csillagokon is. Minden csillagnak egy év alatt kisebb vagy nagyobb ellipszist kell leírnia az égen, a Naptól való távolságától függően.

Az ókori megfigyelések ezeket a mozgásokat nem tárták fel. Ez az oka, hogy Arisztotelész távol állt minden heliocentrikus hipotézistől. Kopernikusz ezt a sikertelenséget másképpen, de a valóságnak teljesen megfelelően magyarázta.

„... Ha pedig semmi ilyent nem észlelünk az állócsillagoknál, az azt bizonyítja, hogy e csillagok mérhetetlen távolságra vannak tőlünk. Ez azt idézi elő, hogy évi mozgásuk pályája, helyesebben inkább annak képe, számunkra láthatatlan. Minden látható tárgyra ugyanis bizonyos távolságérték jellemző, amelynek kezdeténél a tárgy már nem látható. Ma egyszerűen azt mondhatnánk, hogy kis szögméreteknél minden tárgy pont lesz. Az állócsillagok villogó fénye meggyőz bennünket arról, hogy még a legkülső bolygótól, a Saturnustól is milyen mérhetetlenül távol van azok szférája. Ezzel a tulajdonságukkal különböznek legjobban a bolygóktól, és ez a legnagyobb különbség a mozgó és a nem mozgó testek között. Valóban igen óriási a Legnagyobb és Legjobb Lény isteni műve!" *(De Revolutionibus* 1,10).

Hadd fűzzünk néhány szót ehhez a patetiktis hangú részlethez. A földi atmoszférán túli objektumok villogása vagy nyugodt fénye korántsem közvetlenül a tőlünk való távolságuktól függ, hanem kizárólag a szögátmérőjüktől. Ha a Marsnak vagy a Venusnak igen kicsik lennének a lineáris méretei és ezáltal a szögátmérői is, képeik a csillagokéhoz hasonlóan villognának. A nagyobb

bolygók szögátmérői egytized szögperc nagyságrendűek, ami nem elég ahhoz, hogy a bolygót (szabad szemmel) korongként lássuk, de arra elég, hogy lényegesen csökkentse fényének villogását. A csillagok szögátmérői lényegesen kisebbek, a század másodperc tört részei, ezért fényük erősen villog, főként akkor, ha a földi atmoszféra nem nyugodt.

Térjünk azonban vissza a csillagoknak az égbolton való éves mozgásához, amely a Földnek a Nap körüli mozgásából ered, s amelyet a csillagászok parallaxisjelenségnek neveznek.

Miután a csillagászok megismerték Kopernikusz új elméletét,

megpróbálták a parallaxis jelenséget megmagyarázni, mert ez lehetett volna a kopernikuszi elmélet legmeggyőzőbb és legkézenfekvőbb igazolása. Az első évtizedek azonban semmi eredményt nem hoztak. Ezt a sikertelenséget kétféleképpen lehetett magyarázni: vagy a heliocentrikus rendszer tagadásával így tett a híres *Tycho Brahe,* aki új koncepciót dolgozott ki, ez kompromisszum volt Kopernikusz elmélete és a geocentrikus rendszer között vagy Kopernikusz nyomán elismerni, hogy a csillagok igen távol vannak tőlünk, lényegesen távolabb, mint ahogy azt az ókorban gondolták. Ezt a második magyarázatot fogadta el a Kopernikusz utáni csillagászok többsége, akik egyebek között ezért is törekedtek a csillagászati megfigyelések pontosságának növelésére. A sikertelenségek azonban megismétlődtek minden alkalommal, mivel a csillagok távolsága meg nagyobb, mint azt korábban feltételezték. Így a világegyetem méretei minden egyes sikertelen kísérletnél növekedtek.

E megfigyelések alkalmával új és csodálatos jelenségeket, törvényeket fedeztek fel, amelyek a csillagászatban nagyobb jelentőségűek, mint amilyen a megfigyelés célja volt .*James Bradky* (1693-1762) felfedezte a csillagok aberrációjának jelenségét, ami világosan bizonyítja a fényterjedés véges sebességét, és ami sokkal jobban igazolja a heliocentrikus elmélet helyességét, mint a csillagok parallaxisa. A csillagok aberrációjának megfigyelései lehetővé tették a Föld forgási sebességének meghatározását és a Föld-Nap távolság megállapítását.

Később *William Herschel* (1792-1871) ugyancsak a parallaxis vizsgálata közben felfedezte a kettős csillagok mozgását, és egyúttal kiterjesztette a tömegvonzás törvényének érvényességi körét a Naptól és a Földtől nagy távolságra levő égitestekre is. Felfedezésének óriási jelentősége volt a természeti törvények általános érvényességét hirdető tanok megalapozásában.

Csak a XIX. század elején, tehát több mint 250 évvel a heliocentrikus elmélet szerzőjének halála után sikerült végre a csillagászoknak néhány legközelebbi csillag parallaxisát megmérni. Ekkor azonban már senki sem kételkedett a Kepler, Galilei és Newton által tovább fejlesztett és tökéletesített kopernikuszi gondolat helyességében. A parallaxis mérésével azonban a

csillagászok jó módszerhez jutottak, amely segítségével meghatározható a csillagok távolsága. Ez a módszer a mai napig is minden távolságmérés alapja a közelebbi és távolabbi környezetünkben egyaránt.

Az eltelt évszázadok alatt sok minden megváltozott a csillagászatban, de sok minden meg is maradt. Ma is érvényes alapelv, hogy egy elmélet helyességének próbaköve a megfigyelés és az elmélet összhangja, ahogy ezt a maga korában a fromborki torony remetéje is tanította.

A *De Revolutionibus* szerzője halálakor jelent meg. Befejeződött Kopernikusz hosszú és nyugtalan élete; megkezdődött drámája, amely bizonyára a mai napig is tart. A heliocentrikus gondolat ma már általánosan elfogadott közhely lett, amelyről nehéz izgalmasan beszélni. A dráma alapja azonban, szüntelen harc a világ egyre újabb szemléletéért és életünk szebbé tételéért, továbbra is megmaradt. Éppen ezért érdemes időnként gondolatban visszatérni a régi korokhoz és az elfelejtett személyekhez, hogy felidézve őket, megpillantsuk arcvonásaikban a hozzánk közelálló törekvések és szenvedélyek nyomait, hogy leolvassuk róluk a történeteket, amelyek soha meg nem ismétlődnek.

SUMMO ERAT 1NGENIO NON IN REBUS TANTUM MATHEMATICLS, VERUM IN PHYSICIS ALIISQUE OMNIBUS .,..

A legnagyobb tehetségű volt nemcsak a matematikában, de a fizikában is és minden másban...

LEOPOLD INFELD

KOPERNIKUSZTÓL EINSTEINIG

Nicolaus Kopernikusz műve nemcsak a mai csillagászatnak, hanem a mai természettudománynak, ezen belül a világmindenséggel foglalkozó tudománynak is kezdetét jelenti. Az égbolt, a Nap, a csillagok és bolygók tanulmányozása során, mivel a szabályszerűségek itt a legszembeötlőbbek, ébredtek annak tudatára, hogy a természetben törvények uralkodnak.

A felfedezések történetéből tudjuk, hogy az első lépés megtétele a legnehezebb. Kopernikusz megtette az első, a legnehezebb és legjelentősebb lépést: áttette a vonatkoztatási rendszert a Földről a Napra. Tudtára adta a világnak, hogy a bolygók nem a Föld, hanem a Nap körül keringenek. Manapság messze tudunk vándorolni a világmindenségben, gondolatban a fényévek millióit járjuk be. Nemcsak a Földről a Napba juthatunk el, de a Napból a távolabbi csillagokra, a csillagokról galaktikánk centrumába, s galaktikánkról a távoli csillagrendszerekre. Világmindenségbeli vándorlásunkban is az első, legnehezebb lépést Kopernikusz tette meg.

A XVI. században, amikor a világ felébredt a sötétségből, és Olaszországban a reneszánsz fénykorát élte, a tudományos gondolkozásra még ránehezkedtek az ókori világ elavult hagyományai és a középkor előítéletei. Nagy tudományos fantázia, tudományos merészség és mint később kitűnt nagy személyes bátorság kellett ahhoz a kijelentéshez, hogy a Föld és a többi bolygó a Nap körül kering.

Célom az, hogy ismertessem, milyen hatással volt Kopernikusz a tudomány későbbi fejlődésére, mindenekelőtt a mechanika és a gravitációs elmélet kibontakozására. Szeretnem kimutatni, hogy a következő századok gondolatai Kopernikusz eszmeiben gyökereznek, sokszor messze eltávolodnak azoktól, sokszor újból visszatérnek azokhoz. Természetesen célom csak annyi lehet, hogy e fejlődés útján néhány alapvető pontot kijelölök, azokat, amelyeket a legfontosabbaknak tartom. Az egyes állomásokat Kepler, Galilei, Newton és Einstein neve jelzi. Íme, ezek a fejlődés alapvető pontjai, amelyek elvezetnek Kopernikusztól a mai nap gravitációs elméletéhez.

Az ókor két alapelvet adott át a világnak, amelyeket még Kopernikusz korában is vallottak. Az első: a Föld nyugalomban van és az összes bolygó körülötte kering; a második: a legtökéletesebb mozgás az egyenletes körmozgás. Érdekes, hogy Kopernikusz forradalmi gondolata megszabadítja a tudományt az első előítélettől, de a másodiktól nem.

Vajon Kopernikusz valóban bebizonyította, hogy a Föld mozog és nem a Nap? Helyezkedjünk a XIX. században élő fizikus álláspontjára, és fontoljuk meg az ő szempontjából, hogy mi lehetne ilyen bizonyíték? Így okoskodhatnánk: „tudjuk, hogy a Föld két mozgást végez. Az egyik mozgás a tengelye körüli, ez huszonnégy óráig tart. Szeretnénk kimutatni, hogy a nappalok és az éjszakák egymásutánját ez a mozgás és nem a Nap mozgása okozza. A Nap keleten kel fel és nyugaton nyugszik. Tehát a Föld nyugatról keletre mozog. Dobjunk le egy követ függőlegesen egy magas toronyból. A kő részt vesz a Föld forgásában. Sebessége tehát nyugat keleti irányban nagyobb, mint sebessége a Földhöz viszonyítva. A tehetetlenségi törvény alapján a kő csökkenti sebességét. Ezért a földre esve keletre tér el, tehát pályája nem függőleges, hanem enyhén kelet felé hajló vonal lesz.”

Elemezzük ezt a fejtegetést. Tudjuk, hogy a tehetetlenség törvényén alapul, amelyet az 1500-as évek elején még nem ismertek, bár a század második felében *Leonardo da Vinci* (1452-1519) már sejtette. Ha Kopernikusznak sikerült volna ilyen kísérletet végeznie, bebizonyíthatta volna vele a tehetetlenségi törvényt, azt a tényt, hogy a Föld forog a Nap körül. Az ilyen bizonyíték azonban csak a dinamika keretében nyerne értelmet, amelyet a XIX. század fizikusa Galilei és Newton munkássága révén már ért.

Hogyan lehetne kísérletileg megmagyarázni az évi mozgást? A válasz egyszerű. Képzeljünk el két csillagot, egyiket a Földünk közelében, a másikat tőle távol. Június elsején mérjük meg a szöget a két csillag között. Ismételjük meg a mérést december elsején. A szögnek meg kell változnia a Földnek az ekliptikán való mozgása következtében. Ez azt bizonyítaná, hogy a Föld mozog és nem a Nap. Kopernikusz kereste ezt a jelenséget, de eredménytelenül. Olyan szilárdan hitt azonban a Föld mozgásában, hogy levonta a következtetést: a csillagok túl távol vannak ahhoz, hogy ezt a tényt

ki lehessen mutatni. Valóban, a szerény kanonok kezdetleges műszereivel ezt a tényt nem is vehette észre.

Egy érve maradt Kopernikusznak: a Föld forgásának hipotézise egyszerűbb, mint a geocentrikus hipotézis. Különösen két bolygó, a Merkúr és a Venus mozgásának leírásában egyszerűbb.

A tudományban gyakran találkozunk két ellentétes, egymással versengő felfogással. Ennek klasszikus példája *Huygens* és *Newton* fényelmélete. Huygens szerint a fény hullámként terjed az éterben, Newton szerint könnyű, világító korpuszkulák alakjában. Két elmélet, amelyek azonos módon írták le az akkor ismert fényjelenségeket. Kezdetben Newton elmélete győzött megalkotója nagy tudományos tekintélye miatt, bár az ismert jelenségeket bonyolultabban magyarázta meg, mint Huygens elmélete. Később azonban felfedezték a fényinterferenciát, amelyet csak a hullámelmélettel lehetett megmagyarázni. Így hát a XIX. század fizikusa elveti Newton elméletét és Huygensét fogadja el. Nem bonyolítjuk tovább ezt az egyszerű és tanulságos történetet azzal, hogy folytatjuk a századunkban történtekkel.

Hasonló sors érte Kopernikusz elméletét. Ebben az esetben döntő szerepet játszott az egyház tekintélye. A papság ugyanis a geocentrikus rendszerben látta a teológia támaszát. Itt is állandóan növekedett azonban azoknak a jelenségeknek a száma, amelyeket csak Kopernikusz elmélete magyarázott meg, míg a geocentrikus rendszer nem tudta azokat tisztázni. Ez végül is a XVIII. század csillagászait Kopernikusz elméletének általános elfogadására kényszerítette.

A XVI. században azonban még mind a két felfogás elfogadható volt. Nekünk most természetesen abszurdumnak tűnik a geocentrikus elmélet, még azoknak is, akik mit sem tudnak a csillagok parallaxisáról és a magasból leeső kő keletre való eltéréséről. Egyszerűen azért, mert a heliocentrikus rendszer légkörében nevelődtünk, úgy, ahogyan őseink a geocentrikus rendszer szellemében. Amiál inkább csodálnunk kell azokat az embereket, akik át tudták törni a régi előítéleteket.

A *De Revolutionibus* Osiander névtelen előszavával kezdődik. Egyes szerzők ezért átkokat szórnak *Osiander* fejére. Eddig helyes is.

Ellentétben azonban az e témáról kifejtett számtalan véleménnyel, ez az előszó teljesen megfontoltnak látszik. A vita azért keletkezett, mert Osiander Kopernikusz elméletét úgy mutatta be, mint az egyik lehetséges hipotézist, amelynek előnye, hogy egyszerűbb a többinél. Kopernikusz ellenben meg volt győződve arról, hogy a Föld valóban mozog. A XVI. században ez a vita csak szavak játéka volt. Minden tudós, aki új hipotézist állít fel, hiszi, hogy a bennünket körülvevő valóságot fejezi ki. A feltevés helyessége azonban csak a tudomány további fejlődésében derül ki. Nem tudjuk összeegyeztetni a geocentrikus elmélettel a csillagok parallaxisát és a függőlegesen ledobott kő elhajlását keletre.

Ez azonban Kopernikusz elméletének már további sorsa. Kopernikusz úgy gondolta, hogy a bolygók a Nap körül egyenletes körmozgással keringenek. Mai szemmel nézve úgy képzeljük, könnyebb lenne megszabadulni attól az előítélettől, hogy a bolygók kör kerületén keringenek, mint attól, hogy a Föld a világmindenség középpontja. Ezért a csillagásznak, hogy a megfigyelésekkel ne kerüljön ellentmondásba, elméletét el kellett csúfítania az epiciklusokon való mozgásokkal. Hetven-nyolcvan év telt el még, amíg a tudomány megszabadult a második előítélettől, elvetve a bolygók egyenletes körmozgását a Nap körüli keringés során. Johannes Kepler semmisítette meg ezt a régi alapelvet.

JOHANNES KEPLER

1571-ben született Württembergben. 1589-től a tübingeni egyetemen tanult, itt ismerkedett meg Kopernikusz elméletével. Kezdetben lutheránus teológiával kívánt foglalkozni, de a csillagászat fejlődésének szerencséjére 1594-ben Stíriában (Stájerországban) tartományi matematikusi állást vállalt, és ezzel egész életét a tudománynak szentelte. Életrajzával itt nem foglalkozhatunk részletesen, de azt okvetlenül meg kell említeni, hogy élete tragikus volt, tele küzdelemmel, szegénységgel, sőt nyomorral, családi bajokkal, amelyekért csak a gazdag tudományos munka kártalanította. Tragikus sorsú ember volt, de bőkezű és nemes, írásaiból nem a félreismert nagy csillagász keserűsége árad.

1596-ban jelent meg híres műve, címe: *Prodrotnus Dissertationum Cosmographicarum continetis Mysterium Cosmographicum.*(A kortársak röviden *Mysterium Cosmographicum* (Kozmikus rejtély) címen

említik.)

Azon kisszámú csillagászok egyike, akik határozottan védelmezték Kopernikusz elméletét. Sok szempontot tudott felhozni annak bizonyítására, miért igazabb (azaz egyszerűbb) Kopernikusz elmélete, mint Ptolemaioszé.

Egész tudományos munkássága folyamán legfőképpen a következő probléma érdekelte: számértékileg ismerjük a bolygók Naptól való távolságát. Mivel Kepler hitt Istenben, foglalkoztatta az a gondolat, miért választotta Isten éppen ezeket a számokat, és nem másokat. Vallásos érzelmeitől vezérelve tévelygett, a mai fizika szempontjából képtelen dolgokat állítva, hogy azután élete végére megtalálja a helyes törvényt.

Az előbb említett problémával foglalkozik a *Mysterium Cosmographicum* című művében (1596). Hitt felfedezése nagyságában, a bolygók távolságait fanatikusan szabályos térbeli idomokkal kapcsolta össze. Mégis huszonkét év telt el, amíg Kepler megtalálta az e távolságokat megszabó helyes törvényt.

A második probléma a bolygópályák alakja. Az akkori mérések azonban nem voltak pontosak. A nehéz természetű, ellentmondást nem tűrő tudós, *Tycho Brahe* végezte a legpontosabb méréseket. A dán csillagász 1600-ban hagyta el hazáját, és költözött Prágába. Ide jött Kepler is, és először asszisztensként, később Tycho Brahe helyetteseként, a „birodalom matematikusa”-ként dolgozott.

Kepler a pályák alakjáról Tycho Brahe megfigyelései alapján a *Progymnasala,* valamint a *De motibus stellae Martis* című műveiben írt. Ezekben a sok csacskaság között igazi gyöngyszem is található, a bolygómozgás második törvénye: a Napot és a bolygót összekötő vezérsugár egyenlő idők alatt egyenlő területeket súrol. A törvénynek nem ez az ismert megfogalmazása és Kepler okoskodásában két hibát is elkövetett, amelyek egymást kölcsönösen kiegyenlítik. A csillagász hosszú vizsgálatok után jutott el ehhez a törvényhez és így írt: „Isten jósága szorgalmas és pontos megfigyelőt adott nekem Tycho Brahe személyében, helyén való tehát, hogy hálatelt szívvel ennek alapján megtaláljam az égitestek valódi mozgásait”.

Kepler ekkor meg nem ismerte első törvényét, és ő is azt állította, hogy az egyedül lehetséges mozgás a körmozgás és az epiciklusokon történő mozgás. Ezt az elvet azonban sokszor nem tudta összeegyeztetni a megfigyelésekkel, így arra a következtetésre jutott, hogy a pálya alakjának oválisnak kell lennie. Ez az elmélet sem volt kielégítő. Így írt: „Mintha álomból ébredtem volna és fényt láttam... ”. Ily módon keletkezett Kepler első törvénye: a bolygók ellipszis pályán keringenek, amelynek egyik fókuszában van a Nap. Érdekes, hogy a második törvény történetileg megelőzi az elsőt. Ezzel a törvénnyel megtört a középkor befolyása, Arisztotelész tekintélye, amelynek Kopernikusz is alárendelte nézeteit.

Végül a harmadik gyöngyszem: 1619-ben a *Harmonices Mundi* című művében fejti ki azt a problémát, amelyen az elmúlt húsz év alatt töprengett, s amely a mai megfogalmazásában így hangzik: a bolygók Naptól való átlagtávolságának köbe osztva a keringési idő négyzetével, minden bolygóra azonos érték.

Mennyi próbálkozást, mennyi számítást kellett Keplernek végeznie, míg végre megtalálta a törvényt!

A nagy tudós nyomorban halt még 1630-ban. Ő szabadította meg végül is a csillagászatot a középkori hamis nézetektől.

Mindenki, aki fizikát tanult elemi, közép vagy felső fokon, ismeri Kepler három törvényét. Sőt a tanulók ezeket unalmasnak, dogmatikusnak tartják. Valóban így is van, s ennek az az oka, hogy rosszul tanítunk, mert megfosztjuk a tanulót a legfontosabbtól, attól a képességétől, hogy egy személyt, felfedezést, jelenséget csodálni tudjon. Minden tudományos felfedezés olyan, mint a fa, amely gyökereivel a múltba nyúl, de koronájával a jövőbe tör; vagy más hasonlattal: láncszem. Nem lehet megérteni szerepét, ha e szemet nem kapcsoljuk össze az előzővel a múlttal és az elkövetkezővel a jövővel. E három törvényt Kepler friss, lendületes stílusban közölte, nem abban a dogmatikus formában, ahogy ma az iskolában tanuljuk. Figyeljük meg, milyen büszkeséggel és fantáziával ír saját felfedezéséről, teljesen átélve annak nagyságát és fontosságát: „A mű, amelyen életem javát dolgoztam Tycho Brahéval, megpillantja végre a napvilágot. Semmi sem tart vissza... Alea iacta est. A könyvet megírtam és teljesen mindegy nekem, hogy most fogják-e olvasni, vagy csak az utókor. Talán szász évet is vár az olvasóra,

most, midőn az Úristen hatezer évet várt a megfigyelőre.”

Kopernikusz és Kepler életműve a fejlődésnek egyik lezárt szakasza. Ebben az időszakban Kopernikusz is, Kepler is a bolygók Nap körüli mozgásának leírásával foglalkozott. A megismerési folyamat történetében a mozgások leírása az első lépés. Ezután a mozgástörvények megfogalmazása következik. A tudomány fejlődésének első időszakában tehát mintegy leírjuk a mozgást, majd a második szakaszban a fizika törvényeiből feltárjuk e mozgás jellegét. A mozgás leírása általában nem elegendő ahhoz, hogy az adott rendszer jövőjét előre lássuk, vagy megtaláljuk a múltját. Csak a törvények ismeretében jósolhatjuk meg a rendszer jövőjét. A mechanikát, a mozgás tudományát, az összes természettudomány alapját, rendszerint a következő részekre osztjuk fel: kinematikára, mint a mechanika bevezető fejezetére és dinamikára, a mozgásokat megszabó törvények tudományára. Nyugodtan állíthatjuk, hogy Kopernikusz és Kepler idején a tudomány csupán a kinematikára, azaz a mozgások leírására korlátozódott. A csillagászatban is csak a kinematikai fogalmak fordultak elő. A csillagászatban ez a kinematikai értelmezés, azaz a mozgás leírása csak azért elegendő a jelenségek megjóslására, mert a leírt mozgások periodikusak, ismétlődnek: ezért a megfigyelések és a múlt leírása lehetővé teszi számunkra, hogy előre lássuk a jövőt.

Az ókorban, az arisztotelészi fizikában úgy gondolták, hogy a sebesség az erővel kapcsolatos, hogy a test annál gyorsabban mozog, minél nagyobb a rá ható erő. A négy ló vontatta kocsi kétszer sebesebben mozog, mint az a kocsi, amelyet két ló húz.

Ettől a tévedéstől Kepler sem tudott megszabadulni. Kereste azt az erőt, amely a sebesség irányában, azaz a pályára érintőleges irányban hat. Feltételezte, hogy ez az erő fordítottan arányos a távolsággal és van valami köze ahhoz, hogy a Föld, és így minden bolygó mágneses. Eredetiben közlöm, amit erről ír, mert másképp nehéz lenne visszaadni stílusának zamatát:

„Für mein Person, sage ich, dass die 'Sternkugeln dicse Art habén, dass sie an ennem jeden Őrt dess Hmmels, da sie jcdesmals angetrojfen werden, stillstehen wiirden, iveim sie nicht getrieben werden sollten. Sie werden aber getrieben per spéciéin immateriatam Solis, in gyrum rapidissime circumactam. Item werden sie getrieben von Ihrer selbst

eygenen Magnetischen Krafft, durch welche sie einhalb dér Sonnen zuschiffen, andertheils von dér Sonnes hinweg ziehlen. Die Sonneaber allein hat in Ihr selbst ein virtutein

cmimalem, durch welche sie informiert, liecht gemacht und wic ein Kugel am Drahstock bestandiglich umbgetrieben wird, durch welchem Trieb sie auch Ihre speciem immateriatam ad extremitates usquc mundi diffusain in gleicher Zeit herumb geheti macht, und alsó successive allé Planeten mit herumb ztiecht. Mehrere scientia animalis wird zu den himmlischen Bewegtmgett nicht erfordert."

(„Ami engem illet, azt mondom, hogy a csillaggömbök olyan tulajdonságúak, hogy az égbolt bármely helyén — ahol éppen találhatók — megállnának, ha valami nem hajtaná őket. Hajtja őket azonban a Nap anyagtalan ereje, így a leggyorsabb mozgásban körpályán keringenek. De hajtja őket saját mágneses erejük is, amely által egyfelől a Nap felé haladnak, másrészt a Naptól elhúzódnak. A Napnak önmagában — és csak egyedül neki — éltető ereje van, amely irányítja, megvilágítja és mint egy golyót a forgó boton állandóan hajtja őket, és e meghajtás által anyagtalan ereje érvényesül a világ legtávolabbi határáig is, és szukcesszíve az összes bolygót maga köré vonzza. Több ilyen éltető erő az égi mozgásokhoz nem szükséges.")

KOPERNIKUSZ ÉS KEPLER KINEMATIKÁJA, A NEWTONI DINAMIKA

Az égitestek mozgásának dinamikai értelmezése Galileivel és Newtonnal kezdődik. Mi az a probléma, amely Galilei munkája révén részben megoldódott, teljes megoldásra pedig Newton munkásságában talált? Képzeljük el a bolygókat: a Merkúrt, a Marsot és a Földet, amelyek a Nap körül keringenek. Milyen erők kényszerítik e bolygókat a Nap körüli forgásra? Maga a kérdés feltevése és megválaszolása akkor vált lehetségessé, amikor tisztázták a gyorsulás fogalmát, és felismerték, hogy az erő a gyorsulással kapcsolatos.

Csak kétezer év múltán, Galilei és Newton kísérletei révén szabadult meg a tudomány attól a tévedéstől, hogy nem a sebesség, hanem a gyorsulás arányos az erővel. Ez a mechanika illetve a fizika kezdete. Térjünk vissza egy pillanatra Kopernikuszhoz és az egyszerűsítés

kedvéért feledkezzünk meg Kepler felfedezéséről. Képzeljük el úgy, ahogyan Kopernikusz vallotta: a bolygó mondjuk a Föld egyenletes mozgással kering a Nap körül. A régi felfogás szerint az erőnek az érintő irányában, azaz a sebesség irányában kell hatnia. Ha a mozgás ellipszis kerületén történik, az erőnek akkor is az érintő irányában, tehát a sebesség irányában kell hatnia. Tudjuk azonban, hogy az egyenletes körmozgásnál az erő a kör középpontja felé hat. Ebben az esetben a „gyorsulás” szó nem nagyon szerencsés. A sebesség ugyanis vektor jellegű, és az egyenletes körmozgásnál csak az iránya változik meg, míg nagysága változatlan marad. Egyenes vonalú, egyenletes mozgásnál vagy nincs erő, vagy az összes erő eredője nulla. Ha nincs gyorsulás, nincs erő, mivel az a newtoni törvény értelmében a gyorsulással arányos. Ha azonban nem egyenes, hanem görbe vonal mentén megy végbe a mozgás állandó sebességgel, akkor gyorsulás lép fel, és van erő, mert a sebesség változtatja irányát, bár abszolút értékét nem.

Csak a XVII. században, 140 évvel Kopernikusz halála után kezdték megérteni, hogy az erő irányának meg kell egyeznie a gyorsulás irányával, és hogy a legegyszerűbb, a körpályán történő bolygómozgás esetében is az erő nem a kör érintőjének irányában, hanem a bolygót a Nappal összekötő sugár irányában hat. Az ellipszis pályájú mozgás esetén a gyorsulás, így tehát az erő is, a Nap felé irányul, a bolygót a Nappal összekötő vektor irányában. Tehát, amint a vízszintesen elhajított kő nem egyenes, hanem parabola pályát ír le, és a függőlegesen ledobott kőhöz hasonlóan sebessége iránya nem esik egybe az erő irányával, úgy a bolygó sebességének iránya sem egyezik meg az erő irányával. Tudjuk, ha a rakétát megfelelően nagy sebességgel indítjuk, mesterséges bolygót képezhetünk belőle; nem a Föld vonzása ellenére, hanem a Föld vonzása és a nagy kezdősebesség miatt: más irányban, mint a Föld vonzásának iránya.

Nem mindennapi tudományos fantázia kellett annak megértéséhez, hogy a Földre leeső kő mozgását, a Hold mozgását a Föld körül, a bolygók mozgását a Nap körül, a világegyetemben tehát minden mozgást egyetlen egy törvény irányít: az általános tömegvonzás törvénye. A világmindenségben bármely két test olyan erővel vonzza egymást, amely egyenesen arányos tömegük szorzatával és fordítottan arányos távolságuk négyzetével. A leeső almáról szóló

anekdota, amely állítólag az általános tömegvonzás ötletét adta Newtonnak, természetesen csak mese. A valóságban Newton tizenöt évig gondolkozott ezen a problémán, amíg elméletét igazolni tudta a Holdnak a Föld körüli körmozgásával. Gyakran megtörténik, hogy hirtelen megértünk valamit, de csak akkor, ha azt hónapokig, sőt évekig tartó szüntelen gondolkodás előzte meg.

A newtoni mechanika új fényt vet a bolygók Nap körüli mozgásának kopernikuszi és kepleri felfogására. Megszületett tehát a dinamika, a fizikának az az ága, amely megfogalmazza az e mozgásokat megszabó törvényeket. A dedukció a mozgás leírásának helyébe lép, ez pedig új, lényeges haladást jelent megismerésünk történetében.

A newtoni dinamika alapelvei, közöttük a gravitációs törvény szellemében megfogalmazzuk a Nap körül keringő bolygók mozgásegyenleteit. Ezek másodfokú differenciálegyenletek. Megoldásukkal tisztán matematikai úton megkapjuk azt a következtetést, hogy a bolygók a Nap körül ellipszis pályán keringenek. Kepler híres első törvénye tehát a newtoni alapelvekből levont következtetéssé vált. Nemcsak ez okozza azonban az elmélet óriási sikerét. Kitűnt ugyanis, hogy a második és a harmadik Kepler-törvény is a Newton-törvény következménye. Az angol tudós sokkal mélyebb összefüggést fedezett fel, mint Kepler, mert törvényéből levezethetők a bolygómozgás törvényei. A valóság számunkra hirtelen leegyszerűsödik, annak ellenére, hogy megértéséhez el kell sajátítanunk a differenciálegyenletek elméletében megfogalmazott dedukció művészetét. Minden tudománnyal foglalkozó ember számára a valóság érthetővé válik, ha az egyszerű alapelvekből ki tudja következtetni az új, gyakran bonyolult tényeket. E folyamat egyszerűnek látszik, noha a dedukció lánca hosszú. A fizika fejlődésével párhuzamosan a dedukció lánca szüntelenül hosszabbodik. E tény elfogadása igen lényeges a tudomány szellemének megértéséhez. Világosan érvényesül ez a két tudós törvényeinek összefüggésében. Kepler törvényei mesterkéltnek, érthetetlennek tűnnek, nehezen megjegyezhetők, Newton elméletéből azonban közvetlenül levezethetők. Sőt! Kitűnt, hogy a törvények csupán első megközelítések. A newtoni fizikából mélyebb, a valóságot jobban leíró törvények következnek, mint Kepler összefüggései. Egyébként ez a dolog még magyarázatra szorul.

Newton a mechanika törvényeit három alaptételben fogalmazta meg, amelyek teljesebb megértése egyáltalán nem könnyű, bár mindenki tudja szó szerint emlékezetből, még a középiskolából. Newton ezenkívül megfogalmazta a gravitációs törvényt is.

A newtoni mechanika egyik alapvető nehézsége a rendszer fogalma. Ezt a kijelentést kissé részletesebben kell tárgyalnunk, mivel e fogalom egyrészt a kopernikuszi elmélethez, másrészt pedig a tudomány fejlődéséhez kapcsolódik. A mechanika alaptételeit elemezve azonnal felvetődik a kérdés: milyen rendszerre vonatkoznak ezek a törvények? Az elmondottakat szemléltessük egyszerű példával: nagyon sima padlójú szobában könnyedén elgurítunk egy golyót. Tudjuk, hogy a golyó mozgása annál jobban megközelíti az egyenletes mozgást, minél kisebb a súrlódás. Newton következtetése, hogy a golyó egyenletesen mozogna, ha semmiféle erő nem hatna rá, lényegében a valóság idealizálása. Ismételjük meg gondolatban ugyanezt a kísérletet egy nagyon gyorsan forgó körhintán. A kísérlet eredménye más lesz. A golyó a lehető legtávolabbra igyekszik kerülni a mozdulatlan forgástengelytől. Látjuk tehát, Newton első tétele, a tehetetlenség törvénye az első példára többé-kevésbé érvényes, de nem vonatkozik a körhintára. Kopernikusz szerint a Föld körhinta, amely huszonnégy óra alatt fordul meg tengelye körül, egy év alatt pedig a Napot is megkerüli. Feltesszük tehát a kérdést: milyen rendszerre vonatkoznak Newton dinamikájának törvényei? Bizonyos, hogy nem a körhinta, de nem is a szoba lesz ez a rendszer, mert a Föld, Kopernikusz megállapítása szerint szintén forog. Valamilyen új nehézség feltűnésekor megjelenik valamilyen új fogalom is: ez az új szó az „inerciarendszer". Így hívjuk azt a rendszert, amelyre a dinamika törvényei vonatkoznak. Nevezzük kopernikuszi rendszernek a Naphoz rögzített rendszert, tehát ezt akkor használjuk, ha a mozgást a Napra vonatkoztatva írjuk le, elfogadva, hogy a Nap mozdulatlan és a Föld a Nap körül forog. Nevezzük a Földhöz rögzített rendszert ptolemaioszi rendszernek; ennek alkalmazásakor feltételezzük, hogy a Föld nyugalomban van, a Nap és a többi bolygó pedig körülötte kering. A kopernikuszi tett nagysága abban is megnyilvánul, hogy megalkotójának az egész tudományos és nem tudományos világ véleményével szemben volt bátorsága kimondani és bebizonyítani, hogy rendszere helyesebben írja le a valóságot, mint a ptolemaioszi rendszer, és elfogadása lényeges haladás a világ

megismerésének történetében. Halála után még sok éven át szemben állt Kopernikusszal az egész hivatalos tudományos világ, a katolikus és a lutheránus egyház. Ezért Kopernikusz nagyságát nem is lehet értékelni az akkor uralkodó tudományos légkör ismerete nélkül.

A newtoni mechanika Galilei és Newton életműve új fényt vet Kopernikusz felfedezésének jelentőségére. Newton után és a munkássága révén kialakult terminológiát használva Kopernikusz felfedezésének nagyságát többek között a következőképpen jellemezhetjük: kimutatta, hogy a Nap inkább inerciarendszer, mint a Föld, mivel a mechanika törvényei könnyebben leírhatók a Napra vonatkoztatva, mint a Földre. Valóban, ha a bolygók mozgását a Napra vonatkoztatjuk, ha a mechanika alapelveit a Naphoz rögzített rendszerre

alkalmazzuk, és ha ebben a rendszerben vizsgáljuk az általános tömegvonzás törvényét, akkor Kepler törvényeit vonhatjuk le következtetésként. Természetesen sok esetben a Földet is inerciarendszernek tekinthetjük, nevezetesen olyan jelenségeknél, amelyek tanulmányozásában a Föld forgását elhanyagolhatjuk, például az elektromos áram vagy az elektronok keringésének vizsgálatakor. Természetesen a gravitációs jelenségekben, ahol éppen a Föld mozgását kutatjuk, kitűnik, hogy a Naphoz és nem a Földhöz rögzített rendszer tekinthető inkább inerciarendszernek.

Néhányszor az „inkább” kifejezést használtam itt. Vajon a kopernikuszi rendszer nem szigorúan inerciarendszer? Erre a kérdésre tagadólag felelhetünk. A kopernikuszi rendszer nem szigorúan inerciarendszer, nem vonatkoznak rá szigorúan a mechanika törvényei.

Azt hihetnénk tehát, hogy Newton elmélete megdönti a kopernikuszi felfogást. Ilyen következtetés korai és elhamarkodott lenne. Minden elméletnek megvan a maga alkalmazhatósági határa, s a tudomány fejlődése során csak közelítő érvényűeknek bizonyulnak, néha evolúciós, néha revolúciós változtatásokat igényelnek. Kopernikusz elméletének nagysága abban rejlik, hogy elfogadása után már nem lehet visszatérni a ptolemaioszi rendszerhez. A kopernikuszi eszmék, amint azt a történelmi fejlődés is mutatta, alapvető változást idéztek elő a fizikában, és kijelölték e

tudomány fejlődésének irányát is.

A Naphoz rögzített rendszernél azonban jobb és még inkább inerciarendszernek tekinthető a csillagrendszerünk tömegközpontjához rögzített rendszer. Képzeljünk el a világegyetemben két testet, amelyek tömege azonos. Akkor e testek középpontja a tömegeket összekötő egyenes középpontjában fekszik. Ha azonban az egyik tömeg ezerszer nagyobb, mint a másik, akkor a tömegek középpontja ezerszer közelebb fekszik a nagyobb tömeghez. Ugyanígy egész naprendszerünknek is van tömegközéppontja. Ez a tömegközéppont a Napban fekszik (bár nem a Nap középpontjában), mivel a Nap tömege igen nagy a bolygók tömegéhez képest. Nos, Newton mechanikájából következik, hogy ez a tömegközéppont inkább tekinthető inerciarendszernek, mint a Nap középpontja, vagy más szóval: a tömegközépponthoz rögzített rendszer inkább inerciarendszer, mint a Nap középpontjához kötött rendszer. Korábban már kifejtettük, hogy Kepler törvényei első közelítésben Newton axiómáiból következnek, mint első megközelítések. A valóságban Kepler törvényei szigorúan vévé nem helytállóak. Naprendszerünkre csak igen nagy megközelítésben érvényesek, mivel a Nap tömege igen nagy a bolygók tömegéhez képest.

Vessünk egy pillantást e kérdésre kissé más szemszögből is. Ha a Nap tömege igen nagy a bolygók tömegéhez képest (és ha rendszerünkben csak a Nap és bolygók léteznének), akkor a bolygómozgást egytest problémaként kezelhetnénk. Azt állítjuk, hogy a Nap nyugalomban van, és a bolygók ellipszis pályán keringenek körülötte. Kijelentésünk helyes, mivel a tömegközéppont gyakorlatilag a Nap középpontjában fekszik. Képzeljük el azonban, hogy a Nap tömege csak néhányszor nagyobb, mint a bolygók tömege. Ekkor Newton elméletének értelmében a mozgást a tömegközépponthoz rögzített rendszerre kell vonatkoztatnunk. Ebben az esetben mind a Nap, mind a bolygók olyan ellipszis pályákon mozognának, amelyek egyik fókuszában lenne a tömegközéppont. Látjuk tehát, hogy Kepler első törvényéhez hasonlóan a két következő is változást szenved. A Nap középpontjához rögzített rendszert a tömegközépponthoz rögzített rendszerrel kell helyettesíteni. A rövidség kedvéért ez utóbbit kopernikuszi rendszernek nevezzük (ha elfogadjuk, hogy a Nap

tömege igen nagy a bolygók tömegéhez képest, az előbbi rendszert is így hívjuk).

A kopernikuszi rendszer minden bizonnyal inkább megfelel az inerciarendszer fogalmának, mint a ptolemaioszi rendszer. A fizika fejlődését áttekintve látjuk, hogy már Newton idejében sem, később pedig még kevésbé volt ideális inerciarendszer. Valóban, ha azt mondjuk, hogy az egész naprendszer forog, hogy egész galaktikánk forog, akkor éppen arra gondolunk, hogy a kopernikuszi rendszer nem szigorúan inerciarendszer, mivel egyetlen forgó rendszer sem teljesíti pontosan annak feltételeit.

Már ez a rövid fejtegetés is megmutatja a klasszikus mechanika alapvető gyengeségeit. Felmerül ugyanis a kérdés, hol van hát tökéletes inerciarendszer? Mi felel meg a természetben, a mi objektív valóságunkban „az inerciarendszer”-nek? Erre a kérdésre a klasszikus mechanika sem tud válaszolni. Azt mondja ugyanis, hogy inkább az *A* rendszer, mint a *B*; inkább a kopernikuszi, mint a ptolemaioszi felel meg az inerciarendszer fogalmának, de azt nem mondja, hogy *ez* a rendszer inerciarendszer.

Tegyük fel, hogy van valamilyen rendszerünk, amelyet inerciarendszernek tartunk. A klasszikus mechanika szerint ebben az esetben minden más, ehhez képest egyenletesen mozgó rendszer szintén inerciarendszer. A klasszikus mechanikában tehát nem egyetlen inerciarendszert ismerünk, hanem az inerciarendszerek egész csoportját. Lehet, hogy túl sok szakkifejezéssel és túl mesterkélten fejeztük ki azt az egészen egyszerű tényt, hogy ugyanazok a törvények kötelezőek a vonaton, mint a Földön, ha a vonat egyenes vonalú, tökéletesen egyenletes mozgással halad. A mechanikának ugyanazok a törvényei kötelezőek minden rendszerben, ha azok egymáshoz viszonyítva egyenletes mozgással mozognak. Hogyan áll a helyzet, ha a rendszerek egymáshoz képest nem egyenletesen mozognak? Térjünk vissza még egyszer a körhintához, amelyre a tehetetlenség törvénye nem kötelező. Milyen törvények érvényesülnek itt? Erre röviden felelünk: Newton törvényei csak az inerciarendszerben köteleznek, a körhintán más törvények érvényesek. Ezek szintén megfogalmazhatók, csupán azt kell tudnunk, hogy az adott rendszer hogyan mozog az inerciarendszerhez képest. Ilyenkor ugyanis újabb erők lépnek fel,

az ún. D’Alembert-féle erők. Időnként beszélnek a D’Alembert-féle látszólagos erőkről, bár nem vagyok benne biztos, hogy a „látszólagos” szó helyes-e?

Foglaljuk össze röviden, amiről eddig beszéltünk. Kopernikusz nagy tette a mai tudomány kezdetét jelenti. Kepler nagyszerű felfedezése a bolygók körmozgását ellipszisen való mozgássá változtatta.

A fizika és ezen belül a mechanika nemcsak a mozgás leírását, de előrelátását is lehetővé teszi számukra. A gravitációs törvényből következnek Kepler törvényei. A gravitációs erő a gyorsulás és nem a sebesség irányában hat. A klasszikus mechanikából következik, hogy a kopernikuszi rendszer a bolygómozgás leírásánál inerciarendszerként viselkedik, a tudomány későbbi fejlődése azonban kimutatta, hogy egész általánosan nem tekinthető annak. A kopernikuszi rendszeren inkább olyan rendszert kell érteni, amely a planetáris rendszer tömegközpontjával kapcsolatos, bár a különbség nem lényeges, tekintettel arra, hogy a bolygók tömegei igen kicsik a Nap tömegéhez viszonyítva.

KOPERNIKUSZ ÉS EINSTEIN ELMÉLETE

Kopernikusz, Kepler és *Newton* műveit állandóan a XIX. századi fizikus szemével néztük. Miért a XIX. és miért nem a XX. századot választottuk? A válasz egyszerű: a XX. század csillagásza (vagy fizikusa) ismeri a relativitáselméletet, s így szemlélete alapvetően különbözik a XIX. század fizikusáétól. A múlt században már az egyház is megbékült Kopernikusz elméletével, és a tiltott könyvek listájáról 1822-ben törölte.

Megismertük a kopernikuszi tételek hatását a kinematika és a dinamika területén. Áttérünk most a harmadik az utolsó szintre, a kopernikuszi felfogás és a relativitáselmélet közötti kapcsolat leírására.

Einstein felfedezésének két területe van: az ún. speciális és általános relativitáselmélet. Az utóbbi lényegesen nehezebben érthető, mint az előbbi, de a kopernikuszi elmélettel kapcsolatos gravitációs elméletet elsősorban az általános relativitáselmélet alapján tárgyaljuk, amelyet *Albert Einstein* (1879-1955) fogalmazott meg 1911-1916 között. Ez az elmélet a newtoni idők óta először

vállalkozik a gravitáció kérdésének felülvizsgálására. Mint minden fizikai elméletnek, ennek is az a forrása, hogy a minket körülvevő valóságot jobban megértsük: ebben az esetben jobban megértsük a gravitáció és az égitestek mozgásának jelenségét.

Az eddigiekben megismertük a newtoni elmélet igen fontos fogalmát, nevezetesen az inerciarendszert. A kopernikuszi rendszer jobban megfelel ennek a fogalomnak, mint a Földhöz rögzített rendszer; inerciarendszer a valóságban nem létezik, ezt a fogalmat a tudományból törölni kellene. Kiküszöbölésével egyszerűbb rendszerhez jutnánk, hiszen ennek a fogalomnak a valóságban semmi sem felel meg. Ahhoz azonban, hogy megszabaduljunk tőle, új elméletet kell teremtenünk. A relativitáselmélet logikailag valóban egyszerűbb, de a valóságos világ megfigyeléséhez, leírásához elvezető gondolkodás lánca lényegesen hoszszabb. Mint mindig, most is kevesebből kiindulva többet kell kikövetkeztetnünk. Így volt ez régen is a XVII. században, amikor Newton az elméletéből levezette Kepler törvényeit mint közelítő törvényeket.

Természetesen, nem az alapelvek egyszerűsége az egyetlen szempont, amely egy elmélet jelentőségét eldönti. A tudomány fejlődése szüntelenül azt mutatja, hogy minden elmélet csak korlátozott területen alkalmazható. A valóság egyre nehezebben leírhatónak tűnik a kutató szemében. A tudomány haladása felfedi a régi elméletek alkalmazhatósági határait. Ezek érvényesek maradnak, de csak a fizika fejlődése által meghatározott keretek között. Helyettük újakat keresünk, amelyek új tapasztalati tényeket ölelnek fel, amelyek hívebben írják le a valóságot. És ismét megállapíthatjuk, hogy ezeknek az új elképzeléseknek is meg

vannak az alkalmazhatósági határai, és ismét fel kell kapaszkodnunk a magasba újabb elméletekhez és a minket körülvevő világ újabb leírásához. Ilyen módon az új felfedezéseken, tévedéseken, csalódásokon és ismét új felfedezéseken át szakadatlanul keressük az abszolút igazságot, anyagi világunk végleges leírását, bár tudjuk, hogy ez csak bizonyos határon belül elérhető délibáb. A megismerés során azonban a valóságot egyre jobban megközelítjük. Az emberiség előtt a következő cél áll: anyagi világunk és az azt irányító törvények megismerése. Van azonban egy másik célja is, amely ugyanolyan fontos: e törvények

felhasználása az emberiség javára és boldogulására. Térjünk azonban vissza a relativitáselmélethez. Mint minden elméletnek, ennek is útmutatónak kell lennie azon a területen, amelyen a régi, a newtoni koncepció félrevezető. Később még visszatérünk arra, vajon a relativitáselmélet teljesíti-e és milyen mértékben ezt a feladatot.

Most nem akarjuk a relativitáselméletet megmagyarázni, hanem szeretnénk megvilágítani Kopernikusz és Newton elméletéhez való viszonyát. Ezért csak az elmélet egyes jellemzőinek töredékes megtárgyalására szorítkozunk.

Egy pillanatra azonban tegyük félre a relativitáselmélet kérdését, és vegyünk fontolóra egy számunkra nagyon fontos gondolatsort, amely az elméleti fizika felépítésére vonatkozik. Ezt a kitérőt az teszi szükségessé, hogy egyes a fizikus számára természetes kérdések gyakran nagyon nehezen érthetőek a filozófus számára. A fizika és a filozófia közötti együttműködéshez azonban szükség van e kérdések nyugodt és őszinte megtárgyalására. Tisztáznunk kell egy, az irodalomban gyakran előforduló félreértést.

Meg kell különböztetnünk a fizikai törvény matematikai megfogalmazását annak tartalmától. Sok félreértésre ad alkalmat, hogy nem különböztetik meg e két fontos, de különböző fogalmat. Vegyünk egy példát. Van egy egyszerű matematikai egyenletünk, amely leírja a kis kilengésű inga mozgását. Ugyanilyen alakú matematikai egyenlet írja le azonban a hangvilla rezgését. Természetesen esztelenség volna azt mondani, hogy az inga és a hangvilla ugyanaz. Az egyenlet matematikai alakja semmit sem árul el a benne rejlő valóság-részletről mindaddig, amíg az egyenletben előforduló matematikai jeleket össze nem kapcsoljuk a valósággal. A matematikai képletekben előforduló jelek valóságos világunkban bizonyos nagyságokat képviselnek. Mindaddig, amíg meg nem állapítjuk jelentésüket, csupán absztrakt elméletünk lesz, amelynek meghatározott matematikai szerkezete van, de semmiféle fizikai tartalma nincs. Ez nem jelenti azt, hogy a matematikai megfogalmazás nem érdekel bennünket, sőt éppen ellenkezőleg! Ha ugyanis jól ismerjük az elmélet matematikai szerkezetét (például ismerjük valamilyen differenciálegyenlet megoldását), ha tudjuk, mi a valóság e kiragadott része, gyorsan le tudjuk vonni elméletünkből a következtetést dedukció alapján, és le tudjuk fordítani az

összefüggéseket olyan nyelvre, amely leírja a valóság e kiragadott részét. A matematikai egyenletek és összekapcsolásuk a valósággal együttesen adják a fizikai elméletet.

Az elmélet akkor írja le helyesen a valóságot, ha a matematikai síkon levont, majd fizikailag interpretált következtetések megegyeznek a tapasztalattal. Ha a további vizsgálatok során a tapasztalattal ellentétbe kerülnek, meg kell változtatni az elméletet, mivel már nem helyes. Így tehát minden fizikai elméletet nemcsak matematikai szerkezete jellemez, hanem az az összefüggés is, amely e matematikai szerkezet és az anyagi világ e kiragadott része között van. Világítsuk meg konkrét példával az elmondottakat: a newtoni mechanika alapelvei megfogalmazhatók egy bizonyos rendszerre vonatkozó egyenletek alakjában. Ezek a matematikai összefüggések azonban fizikai elméletté válnak, ha tudjuk, hogy *m* a tömeget jelenti, *f* pedig az erőt. A rendszer matematikai megfogalmazása : három egymásra merőleges tengely. Mi felel meg fizikai világunkban ennek a három egymásra merőleges egyenesnek? A válasz: az inerciarendszer, vagyis olyan anyagi rendszer, amely valamilyen anyagi testhez kapcsolódik. De hol van ez az anyagi test? Hol van az inerciarendszer, amelyet matematikailag tengelyrendszer ír le? Ismét a régi feleletet adhatjuk: a bolygómozgás esetén ilyen a kopernikuszi rendszer. Ha azonban az egész csillagrendszer mozgását figyelembe vesszük, akkor az inerciarendszert a Napon túlra kell helyeznünk. Látjuk tehát, hogy a matematikai rendszer elvont fogalma és az inerciarendszer fogalma közti kapcsolat csak közelítőleg állapítható meg.

Vajon ugyanez a nehézség lép fel a relativitáselméletben is, amely a gravitáció problémájával foglalkozik? Nem, mivel a relativitáselmélet matematikai szerkezetében nincs meg a matematikai rendszer fogalma. A relativitáselmélet matematikai egyenletei szempontjából (figyeljünk a *matematikai* szóra) közömbös a matematikai rendszer fogalma. A ptolemaioszi és a kopernikuszi rendszer közötti óriási különbségnek, amelynek feltárása Kopernikusz érdeme, s amelynek megértése a világról szóló tudományunk kezdete, egyáltalán semmi sem felel meg a relativitáselmélet matematikai leírásában. Éppen ez az egyik különbség Newton és Einstein elmélete között: láttuk, az előbbiben a rendszer fogalmának a természetben nem létező inerciarendszer

felel meg, míg a relativitáselméletben, illetve annak matematikai megfogalmazásában a rendszer fogalma nem fordul elő. Előzőleg azt is mondtuk, nemcsak matematikai szerkezetből áll az elmélet, hanem annak a valósággal való összekapcsolásából is. Ezért nem helytálló az a bírálat, hogy a relativitáselmélet matematikai szerkezetében semmi sem felel meg a ptolemaioszi és a kopernikuszi rendszer közötti különbségnek. Egy elmélet csak akkor kap fizikai tartalmat, ha matematikai megfogalmazása a valósághoz kapcsolódik. A relativitáselmélet matematikai szerkezetét azonban csak úgy kapcsolhatjuk a valósághoz, ha választunk valamilyen vonatkoztatási rendszert a fizikai világban. A bolygómozgás leírására a kopernikuszi és nem a ptolemaioszi rendszer felel meg.

A jobb megértés kedvéért gondolkozzunk el egy kicsit, mit is kérdezzünk a relativitáselmélettől. Egy példát hozok fel, talán a legfontosabbat. Newton elmélete szerint a Merkúr bolygó ellipszispályán kering a Nap körül, az ellipszis egyik fókuszában helyezkedik el a Nap. Vajon a relativitáselméletből is ugyanez következik, vagy valami más? Mindenekelőtt tudjuk, hogy Newton elméletétől csak nagyon kis eltérések engedhetők meg, másképpen ezt már régen elvetették volna. Ha vannak ilyen eltérések, ezek elsősorban a Merkúrra érvényesek, mert az van legközelebb a Naphoz. De térjünk vissza a mi kérdésünkhöz. Keressük a különbséget a newtoni mechanika feltevése és a relativitáselmélet között. Ezt a különbséget azonban csak akkor vehetjük észre, ha a mozgást ugyanabban a rendszerben írjuk le. A vizsgált mozgást ugyanabban a rendszerben kell leírnunk, először Newton elmélete, másodszor a relativitáselmélet szerint. Ezután meg kell néznünk, van-e különbség és meg kell állapítanunk, vajon a megfigyelések megerősítik-e vagy ellentmondanak az általános relativitáselméletből származó következtetéseknek. S íme, a relativitáselmélet előre látja a newtoni mozgást, tehát a Merkúr mozgását az ellipszis kerületén, de egyidejűleg azt is megmondja, hogy az egész ellipszis nagyon lassan forog. Ez az ún. perihélium mozgás (a perihélium az ellipszis pályának az a pontja, amelyen a bolygó legközelebb van a Naphoz). Mivel az egész bolygó forog, e perihéliumpont igen lassan elfordul a kör kerületén. Száz év alatt a perihéliumpontot a Nappal összekötő egyenes 42 ívmásodpercet fordul el. Ezt a következtetést a megfigyelés kitűnően igazolta. A perihélium és a bolygó ellipszis menti mozgása egyirányú. A

relativitáselmélet feltevése és a megfigyelések eredménye igen jól megegyezik. De mint előzőleg mondottam, ahhoz, hogy ezt a feltevést összehasonlíthassuk a megfigyeléssel, a mozgást a kopernikuszi rendszerre kell vonatkoztatnunk.

Nem igaz tehát, hogy a relativitáselmélet ugyanolyan jól használhatja a ptolemaioszi rendszert is; a Merkúr ellipszis pályán végzett Nap körüli keringésének tárgyalásában például a Föld egyáltalán nem fordul elő. Az egész, egyébként elég bonyolult számítás a következő problémára vonatkozik: hogyan mozog egy igen kis test (Merkúr) a nagy, nehéz és nyugvó test (Nap) terében. Ez a probléma az ún. egytest mozgása nehéz test terében, tipikus kopernikuszi probléma. Tárgyalásában szó sem esik a tömegközéppont mozgásáról, mivel kimondjuk, hogy a Nap végtelenül nehezebb, mint a bolygó. E leírás teljesen objektív, mert az a tény, hogy a megfigyelő a Földön van, nem tűnik ki sem a képletekben, sem a számításokban. Az egytest problémája a relativitáselméletben viszonylag egyszerű, de néhány nehézség is felmerül, ha összehasonlítjuk a newtoni számításokkal.

Newton elméletében a kéttest, például a kettős csillagok problémája nem nehezebb, mint a nagy tömegű test terében mozgó kis tömegű test (Nap-bolygó) problémája. Gyakorlatilag ugyanazt a számítást jelenti, csak a mozgást a kéttest tömegközéppontjához rögzített rendszerre kell vonatkoztatni.

Hogyan áll e kérdés az általános relativitáselméletben? Nehéz test terében mozgó könnyű test problémáját már megvilágítottuk a Merkúr és a Nap példáján. Ha azonban két olyan testről van szó, amelyeknek tömegei összehasonlíthatók, a számítás sokkal nehezebb. Hosszú időn át keresték e feladat megoldását, de először csak 1938-ban jutottak el hozzá. A probléma még ma is sok munkaforrása. És most újból feltesszük a kérdést: miben különbözik a relativitáselmélet által előre látott kéttest mozgása a newtoni elmélet által előre látott mozgástól? Válasz: ha a kérdést a relativitáselmélet szerint oldjuk meg, akkor a kéttest tömegközéppontjához rögzített rendszert fogadjuk el, amelyet a kopernikuszi elméletben alkalmaztunk. Ekkor újból megtaláljuk az eltérést a newtoni mozgáshoz képest, nevezetesen az igen lassú perihélium mozgást.

Végül említsünk meg egy másik példát, mégpedig a fénysugarak híres elhajlását. Egy csillagról érkező fénysugár elhajlik a Nap gravitációs terében.

Az elhajlást ismét a Napra és nem a ptolemaioszi rendszerre vonatkoztatjuk. E tapasztalati tények elméleti analízisében a ptolemaioszi rendszer semmi szerepet nem játszik, a tények leírása teljesen objektív, a megfigyelőtől független. Igazolnunk természetesen a *Földön* kell őket. Ehhez bizonyos műszerekre van szükségünk: távcsövekre, teodolitokra stb. Bizonyos törvényeket is ismernünk kell, hogy a jelenséget objektíven megítélhessük. Ismernünk kell a műszerek működésének törvényeit és a látásunkat irányító törvényt. Nézzünk egy konkrét példát, amely megvilágítja az elmondottakat. Tegyük fel, hogy a csillagokról jövő fény a Nap közelében halad át. A relativitáselmélet szerint a fénysugár elhajlik, eltér és tételezzük fel, hogy szemünkbe jut. Ismernünk kell azt a fiziológiai törvényt, hogy a csillagot a szemünkbe jutó fénysugár érintőjének meghosszabbításában látjuk. Ugyanígy működik a fényképezőgép is. Ez azt jelenti, hogy napfogyatkozás alatt és napközeiben más fényképet készíthetünk egy csillagcsoportról, mint derült éjszakán. Ennek az az oka, hogy első esetben a csillagok sugarait clhajlította a Nap, a második esetben viszont nem. Közismert, hogy a relativitáselméletet ez a híres bizonyítás tette világhíressé.

A leírt mérésből következik, hogy a mérés elmélete is nélkülözhetetlen kellék a relativitáselmélethez, ismeretében megállapítható, hogy a valóság leírása teljes-e vagy sem. A mérés elmélete minden esetben a következő alapelven nyugszik: a megfigyeléseket a Naptól távol végezzük. Abból indulhatunk ki, hogy a megfigyelés helyén a gravitációs tér gyenge, és az euklideszi geometria már érvényes, vagyis már nem az általános, hanem a speciális relativitáselmélet törvényei kötelezőek. Ez az alapelv más jelenségben is érvényesül, ez kísérletileg bizonyítható: a Napból kibocsátott atom színképe a vörös felé kissé eltolódott az atom földi színképéhez képest. Az eltolódás oka a Nap igen erős gravitációs tere. Az atom a Földön viszont annyira gyenge gravitációs térbeni van, hogy a színképre gyakorolt hatása figyelmen kívül hagyható. A Föld itt csak a Naptól távoli pont. Vagy: ha a sugárzást kibocsátó atom a második emeleten (illetve kisebb gravitációs térben) van, és

a sugárzás megfigyelője a földszinten (nagyobb gravitációs térben), akkor a színkép az ibolya irányában tolódik el. Legutóbb az ún. Mössbauer-effektus révén sikerült ezt az eltolódást megtalálni és igazolni, hogy mértéke is megfelel az általános relativitáselméletnek.

Tehát a relativitáselmélet matematikai megfogalmazásában valójában a változatlanság fejezi ki, hogy a rendszer fogalma nem szükséges, és hogy nincs különbség (ismétlem az elmélet matematikai szemszögéből nézve) Ptolemaiosz és Kopernikusz rendszere között. Egész más a helyzet azonban, ha a fizikai tartalomról van szó.

A valóság konkrét kiragadott részének, például a bolygómozgásnak, a kéttest: problémának, a fénysugarak elhajlásának matematikai leírása teljesen objektív és vagy a Napra, vagy a tömegközéppontra vonatkoztatott rendszerhez, vagyis a kopernikuszi rendszerhez kapcsolódik. A relativitáselmélet, amely a természet megismerésének egyik eszköze, a kopernikuszi rendszert ugyanolyan mértékben használja, mint a newtoni elmélet. Előnye, hogy az inerciarendszer fogalmára nincs szüksége, továbbá következtetései jobban egyeznek a megfigyeléssel, mint a Newton-elméletből levont következtetések. Minden elmélethez hozzá kell adni a mérés elméletét is. Itt abból indulunk ki, hogy a megfigyelő a méréseket a Naptól távol végzi, és csak igen gyenge gravitációs tér hat rá. A Föld és a megfigyelő csak a mérések elméletén át lépnek közbe. Valamilyen elméletünknek mindig kell lenni, hogy a mérés eredményeiből következtetni lehessen az objektív világ sajátosságaira és törvényeire. Kétségtelennek tartom, hogy a relativitáselmélet óriási fejlődés a világ megismerésének folyamatában, s hogy fizikai tartalma megegyezik a tapasztalattal. Viszonylag nehéz elmélet, megértése sok évi gondolkodást és a matematikai eszközök széleskörű ismeretét igényli. Idejét múlta az a régi mondás, hogy csak tizenkét ember érti; 1962-ben a lengyelországi Gravitációs Kongresszuson százötvenen vettek részt, akik nemcsak értik a relativitáselméletet, de alkotóan dolgoznak is rajta. Nem tudom, hány ember van a világon, aki ismeri és érti a relativitáselmélet matematikai szerkezetét, de a kongresszus résztvevői számának biztos több százszorosa. Egyikük sem gondolja azt, hogy ez az elmélet kicsit is csökkenti Kopernikusz érdemeit.

Einstein koncepciója is a kopernikuszi gondolatot fejezi ki, csak másképpen, sokkal újszerűbben: a jelenségeket olyan rendszerben kell leírnunk, amelyben a gravitációs tér eltűnik a végtelenben.

Lagrange azt mondta Newtonról, hogy nemcsak a legnagyobb, de a legszerencsésebb is volt a tudósok között, mivel a világegyetem tudományát csak egyszer lehet megalkotni, s azt ő tette meg. Ma már tudjuk, hogy a tudományban nagyon gyors evolúciós és revolúciós változások zajlanak le. Így teljesen egyértelműen mondhatjuk, hogy a tudomány megváltoztatható, átdolgozható és többször újra alkotható. 1543 óta, Kopernikusz nagy művének megjelenése és ezzel a világegyetem tudományának megszületése óta 420 év telt el. Az emberiség előtt mérhetetlenül sok idő áll. E 420 év folyamán is óriási változások következtek be fizikai világnézetünkben. A mai fizikus a világegyetemet teljesen másként látja, teljesen más törvényeket fedez fel benne, mint amilyeneket a newtoni idők fizikusai tartottak érvényesnek. Még a XIX. században is úgy gondolhatták a fizikusok, hogy a világegyetemmel foglalkozó tudományt csak egyszer lehet megteremteni, hogy a világ mechanikai képe egyszer s mindenkorra adott, és a következő nemzedékek ezt a képet csak részletekkel fogják kiegészíteni, ami azonban nem változtatja meg alapvetően jellegét. Ma már tudjuk, hogy ez nem így van. Ezért Lagrange véleménye Newtonról nem egészen helyes. Helyesebb lenne azt mondani, hogy Kopernikusz nemcsak a legnagyobb, de a legszerencsésebb is volt a csillagászok között, mert a világegyetem tudományát csak egyszer lehet elkezdeni. És ez a szerencse Kopernikusznak jutott osztályrészül.

... AD QUAE INGENII ORNAMENTA PRAECLARA SIBI PARAVERAT SUBSIDIA EX LINQUARUM LATÍNAE ET GRAECAE PERFECTA COGNITATIONE.

IN MEDICINA VELUT ALTÉR AESCULAPIUS CELEBRATUS AC Sí ANIMO PRORSUS PHILOSOPHICO OSTENTATIONEM APUD VULGUM NUNQUAM AFFECTARET.

... mindezekhez kiváló segítséget szerzett a görög és a latin nyelv tökéletes ismeretével. Az orvostudományokban második Aesculapiusként ünnepelték, jóllehet filozófus leikével ennek kimutatására a nép előtt sohasem törekedett

WALDEMAR VOISÉ

NICOLAUS KOPERNIKUSZ, A RENESZÁNSZ NAGY TUDÓSA

A NAGY 1543-AS ÉV

Talán tiltakozhatunk az ellen, hogy a tudományok történetében, vagy általában a történelemben egy-egy dátumot forradalminak tekintsünk-e, avagy nem. Nehéz azonban ellenállni a kísértésnek, hogy a fontosabb kultúrtörténeti eseményeket ne meghatározott dátumokhoz kapcsolva tárgyaljuk. E dátumok egyébként csak támpontok, amelyek révén jobban megérthetjük a történelem szakadatlan folyását.

Ilyen időpont az 1543-as esztendő, amelyhez sok fontos kultúr- és tudománytörténeti esemény kapcsolódik Lengyelországban és Európa többi országában egyaránt. Ezek közé tartozik két könyv megjelenése: Andreas Vesalius: *De Huniam Corporis Fabrica** (Az emberi test felépítéséről.) és Nicolaus Kopernikusz: *De Revolutionibus Orbium Coelestium.* (Az égi pályák körforgásairól.) Mindkét munka jelentőségét már elég régen felismerték. Tudták, hogy Kopernikusz műve fordulatot idézett elő az egész galaktikánkat felölelő makrokozmosz magyarázatában, Vesalius művét pedig az ember szervezetét magába foglaló mikrokozmoszról szóló tudomány átértékelésének tekintették.

Mindjárt a bevezetőben el kell mondanunk azt a régi megállapítást, hogy *Andreas Vesalius* (1514-1564) munkája döntő volt az orvostudomány további fejlődésében: az addig ismert összes orvosi tanulmányok alapját képező galenusi anatómia helyére új anatómiát vezetett be. Ez a megállapítás azonban nem adja vissza azt a légkört, amelyben az emberi test felépítéséről szóló mű keletkezett: „Vesalius ügye” pedig meglehetősen bonyolult.

Bár Vesalius a boncolásokat *Galenus* (i. sz. 129-199) programjának megfelelően végezte és bár egészében megtartotta a galenusi magyarázat rendjét, kiindulási pontjaik között igen lényeges eltérések voltak. Galenus nem emberi, hanem majom- és sertéstetemeket boncolt, így az emberi és állati test között feltételezett analógia alapján gyakran hamis következtetést vont le az ember anatómiájára vonatkozóan. Abból a gondolatból indult ki,

hogy az emberi szervezet az állati szervezet tökéletesebb formája, s ezért nem különítette el az állatok világát az emberek világától. Vesalius ellenben az embert a természetben kiváltságos helyzetet elfoglaló lénynek tekintette. Éppen ezért mélységesen meg volt győződve arról, hogy az emberi anatómia tanulmányozásának kizárólag az ember (és csakis az ember) vizsgálatán kell alapulnia, továbbá az emberi és állati test mindenféle összehasonlítása haszontalan, sőt elhomályosítja a dolgokat. Ez az álláspont azonban, amelynek Vesalius kiváló eredményeit köszönhette, ugyancsak hagyományos és téves alapelveken nyugodott, és ha követői elfogadják, az orvostudományt hamis utakra vezették volna. Galenus nézeteit az egész természetet védő és oltalmazó istenek létét hangsúlyozó pogány animizmus jellemezte; Vesalius elfogadta a keresztény dogmákat, amelyek azt hirdették, hogy az egész világot (az állatokkal és a növényekkel együtt) az ember, „az összes teremtmények királya" javára és hasznára teremtették. Az ember természetben elfoglalt helyének különféle magyarázata viszályt szült, amely a XVI. században kiéleződött, a későbbi századokban pedig világnézeti jellegű elvi vitákká alakult. A következő kérdésre kellett válaszolni: vajon az ember és az állat között csak mennyiségi különbség van-e, vagy minőségi is; más megfogalmazásban: az ember és az állat két különálló világhoz tartozik-e, vagy az ember kizárólag bonyolultabb fizikai felépítésével és magasabb fokú intelligenciájával különbözik-e az állattól? Azzal, hogy Vesalius az embert mikrokozmosznak nevezte, központi helyzetet tulajdonított neki a természetben, és e meggyőződése alapján elvetette az ember és az állat anatómiai felépítése közötti analógia lehetőségét. Ha érdeklődött is a kutya vagy a majom anatómiája iránt, csak azért tette, hogy kimutassa a két világ: az ember és az állat világa közötti alapvető különbségeket. A *De Humani Corporis Fabrica* című műben a Föld „embercentrikus" és ennek kiegészítőjeként a világmindenség „földcentrikus" képét tárta olvasói elé.

Vesalius ugyanis többek közt azt írta, hogy a Föld mozdulatlan és a világmindenség középpontjában foglal helyet.

A reneszánsz idejében az ilyen nézetek nem voltak ritkák, ellenkezőleg, jellemzőek voltak az akkori időkre; a kor leghaladóbb és legkiválóbb tudósai is ezt hirdették. Nem volt könnyű és egyszerű dolog a világ szerkezetéről és benne az ember helyzetéről kialakult,

mélyen gyökerező meggyőződés megdöntése. Tudta ezt Kopernikusz is, s ezért éveken át habozott, hogy közölje-e a világgal a keserű igazságot, amelyet a már régen befejezett műve, a *De Revolutionibus* tartalmazott. Ilyen megvilágításban különösen sokat mond az a tény, hogy a mű megjelenésének éve egyidejűleg a szerző halálának éve is volt.

A KOPERNIKUSZI FELFEDEZÉS ÚTJA

Az út, amelyet Kopernikusz választott, hogy eljusson az igazsághoz, szorosan összekapcsolja őt a reneszánsz korával, amelynek egyik legjellegzetesebb képviselője volt. És bár csak e korszak alkonyán fogalmazta meg *Fraticis Bacon* (1561-1626) az igazság fogalmát, mint a gondolat és a tárgy kapcsolatát, már előtte is sok gondolkodó indult ki abból az alapelvből, hogy két alkotóelem képezi az emberi megismerés alapját: az értelem és a tárgy, illetve a megismerő alany és a megismerendő tárgy.

Sok kérdésben bizonytalanok voltak, sokra nem is tudtak válaszolni, mégis magát a lényeget megértették: felismerték, hogy az érzéki tapasztalat és az értelem együttműködése a megismerés folyamatában nélkülözhetetlen. A tapasztalat és az értelem, mint közösen kezelt vizsgáló műszer (hiszen ebben az időben még nem ismerték az új tudományos eszközöket, például a távcsövet, mikroszkópot stb.) jelentette csaknem mindig a kritikai beállítottságot a dogmatikus beállítottsággal szemben. Más emberek valóságot elemző gondolatainak vizsgálata lassan háttérbe szorult, és a cél magának a valóságnak a vizsgálata lett. Ilyen előzmények mellett határozottan kirajzolódik Kopernikusz tudományos elképzelésének jelentősége. A nagy tudós a látott jelenségeket és a gondolt magyarázatokat egésszé tudta összekapcsolni. A sokszor már csak a megszokottság erejével uralkodó nézetekkel szemben Kopernikusz nagy felfedezését nem az égbolton végzett számtalan megfigyelésnek köszönhette. Gondolkodásának út ja más volt: Ptolemaiosz hagyományos rendszerében rejlő ellentmondásokból indult ki, majd a mindennapi jelenségeket jobban megmagyarázó új elméletet keresett. Saját kijelentései szerint is munkájához az ókori pithagoreusok olvasásából merített ihletet, akik már felvetették a földgolyó mozgásának lehetőségét.

Kopernikusznak azonban nem mindig kellett a nagyon távoli múltba

visszanyúlnia ahhoz, hogy saját gondolataival rokon elképzeléseket találjon, mivel néhány kiváló tudós és filozófus hozzá lényegesen közelebbi időben kétségbe vonta már a ptolemaioszi geocentrikus rendszer alapelveit. Mindenekelőtt a nagy francia filozófus, *Nicole Oresme* (1330-1382) 1377-ben az égboltról és a világról írt tanulmányában felállította a Föld napi mozgásának hipotézisét; száz évvel később *Nicolaus Cusanus* (1401-1461) német filozófus megteremtette saját elképzelését, amelynek értelmében mozdulatlan Földünk Teremtőtől való távolsága nem állandó. Oresme és Cusanus fontos közvetítő szerepet töltött be a természetfilozófia középkori és újabb irányzatai között, amelyek erősen bírálták Arisztotelész és Ptolemaiosz tudományos nézeteit. Egyre több tiltakozást váltottak ki a régi fizika alapelvci, amelyeknek értelmében más mozgástörvények érvényesülnek a Földön, mint a Földön kívül. *Jean Buridan* (1300-1358), Oresme kortársa, a párizsi egyetem rektora, megkísérelte az arisztoteleszi fizika megdöntését, és azt az elvet hirdette, hogy mind a Földön, mind a bolygóközi térben ugyanazok a törvények szabják meg a testek mozgását.

Hasonlóan járt el később Kopernikusz is; bár teljes tiszteletben tartotta az ókoriakat, műveik olvasásakor támadt csalódását nem tudta titkolni. Tudjuk például, hogy mennyire zavarba jött, amikor felfedezte, hogy néhány régi csillagász céljai érdekében tudatosan eltorzította a megfigyelésekből levont következtetéseket, hogy legalább elméletük helyességének látszatát mentsék. Már Krakkóban hallotta tanárától, *Brudzewski Alberttól,* hogy Ptolemaiosz sok követőjének, köztük az akkor kötelező csillagászati kézikönyv szerzőjének, *Peuerbachnak* a következtetése sem hibátlan, és nem lehet eleve kizárni azt az elméletet, amely kimondja, hogy nem a Föld, hanem a Nap a világmindenség középpontja. Később Bolognában Novara előadásait hallgatta, aki egyebek között az égitestek távolságmérésére új módszert javasolt. Végül ferrarai tartózkodása alatt valószínűleg személyesen is találkozott a ferrarai születésű humanistával, *Celio Calcagninivel* (1479-1541) *Az ég mozdulatlan a Föld pedig forog* című tanulmány szerzőjével. A Kopernikusz tulajdonát képező könyvekben a mai napig megtalálható saját kezű bejegyzések annak lehetőségét bizonyítják, hogy a csillagász korai ötletei hatással voltak az olasz humanistának a heliocentrikus elmélethez közel álló eszméire.

Hangsúlyoznunk kell azonban, hogy az összes fent említett elképzelés jobbrosszabb hipotézis volt csupán a világmindenség felépítéséről, és csak nagyon általános ösztönzést nyújthatott Kopernikusznak saját elgondolásai kifejlesztésére. Hiszen még mindig hiányoztak a Föld mozgását bizonyító tudományos előfeltételek, a Földnek a Naphoz való viszonya még mindig nem lépte túl a tárgyi érveket nélkülöző okoskodások határait. E hiányzó láncszemeket csak az tudta beilleszteni a sorba, aki elég bátor volt ahhoz, hogy ne csak a hagyományoktól eltérő hipotézist fogadja el, hanem igazát is bebizonyítsa, eleget téve a lehető legpontosabb megfigyeléseken alapuló szabályszerű értelmezés követelményeinek.

Ez azonban nem volt könnyű feladat és nemcsak nagy tudományos fantáziára, de nagy tudományos felkészültségre is szükség volt ahhoz, hogy a tudós forradalmi elméletét a világ elé tálja, és meggyőzze az embereket annak helyességéről. Maga az elmélet ősi családfája ellenére, annyira újszerű volt, hogy az emberi szellemiség tökéletesedése során a legforradalmibb tanok közé számítható. A XVIII. század végén a nagy német filozófus, *Immánuel Kant* (1724-1804) egyik művében megjegyezte, hogy műve felépítésénél hasonlóan járt el mint Kopernikusz, „aki amikor az égitestek mozgását nem tudta megmagyarázni annak az alapelvnek alapján, hogy a csillagok légiója a Nap körül kering, megpróbálta, nem lenne-e jobb, ha megállítaná a csillagokat, és a nézőt kényszerítené keringésre”. E szavakkal világosan rámutatott az eredeti gondolat szerepére, amely az egész kopernikuszi rendszer tengelye lett.

Ma használatos kifejezéssel „munka-hipotézis”-nek nevezzük Kopernikusz kezdeti elképzeléseit. A csillagász munkás élete összes későbbi megfigyelését ennek a paradox, „józan eszünknek ellentmondó” tézisnek szentelte. És bár minden új megfigyelés megerősítette őt az előzőleg szerzett meggyőződésében, mégis szüntelenül azt kutatta, vajon a vizsgált esetek között nincs-e olyan, amely ellentmondana hipotézisének. Ebből arra következtethetünk, hogy az igazság végső és legfontosabb kritériumának az érzéki tapasztalatot tekintette, amely megerősíti gondolkodásunkat vagy ellentmond annak. Az égitestek keringését megszabó törvényeket indukciós úton, tehát „az egészet a részekből” felépítve állapította meg, tézise igazának bizonyítására viszont egészen más módszert választott.

A *De Revolutionibust* Kopernikusz akkor írta, amikor a felfedezésén érzett első lelkesedése lecsillapodott, és amikor már lebontotta a zsenialitásával emelt épület állványzatát. Talán soha nem tudtuk volna meg, mi rejtőzik az egyszerű, világos és logikusan áttekinthető ábrák és a számok mögött, ha *Rheticus* nem ugyanolyan pontos, mint nagy tanítómestere (Kopernikuszt ugyanis mindig „dominus praeceptor"-nak (Tanítómester Úr) nevezte). Rheticus révén e nagy pithagoreuskövető zenei fantáziájának poézise túlélte alkotóját. 1540-ben, a gdanski könyvkiadónál megjelent Rheticusnak, a szabad művészetek fakultása magiszterének, a wittenbergi egyetem matematikaprofesszorának a könyve. Címe: *A híres férfinak, Johann Schöner Úrnak; az igen nagy tudású és kiváló matematikus, warmiai kanonok, Tisztelendő tornái Nicolaus Kopernikusz doktor Úrnak a körforgásokról szóló könyveiről egy bizonyos matematikát kedvelő ifjú által írt első elbeszélés.* A *Narratio Prmá*bán (Első elbeszélés) felsorolja a Föld mozgását bizonyító érveket, köztük a hatodikat a régi csillagászokhoz intézett szemrehányással kezdi, mivel elméletüket „...nem eléggé szigorúan tartják ahhoz a szabályhoz, amely arra figyelmeztet, hogy az égi körök elrendeződése és mozgásai a legtökéletesebb rendszeren alapulnak. Bár megadjuk nekik a legmélyebb tiszteletet (ahogyan ez illik), mégis el kell várnunk tőlük azt, hogy a mozgások harmóniájának felállításánál kövessék a muzsikusokat, akik az egyik húrt megfeszítve, a másikat megeresztve, a legnagyobb gondossággal és szorgalommal mindaddig formálják a hangokat, amíg a kívánt harmóniát el nem érik, és már semmiféle disszonancia sem vehető észre." A pithagoreusok követője ezt az érvet nem hagyhatta figyelmen kívül, mert e filozófusok megértésében ez volt az egyik legfontosabb láncszem. A korábbi vagy későbbi korban rajtuk kívül alig akadt valaki is, aki a helyes gondolkodás nyers követelményeit gazdag költői fantáziával tudta volna összekapcsolni. E kevesek közé tartozott Kopernikusz, amikor a nagy éjszakák egyikén „csillagász tornyában" megállapította, hogy a bolygók mozgását más rend irányítja, mint amelyről századokkal azelőtt Ptolemaiosz írt. Felcsendült akkor képzeletében az ősi pithagoreusi szférák zenéje, a világmindenség szimfóniája, amelyre süket az emberi fül, mivel születésünk

pillanatától kezdve egész életünkben hallja, s hozzászokik életünknek ehhez az állandó kísérőjéhez. Hasonlóképpen nem

érezzük a legerősebb illatot sem, ha állandóan beszívjuk.

Elsőként talán *Jeremi Wasiutyinski* fordított figyelmet Kopernikuszinak erre a „zenei” érvelésére. Könyvében, amely nagyon népszerű volt a második világháború előtt, sőt még ma is szenvedélyes vitákat vált ki, így ír erről a témáról: „Kopernikusz valóban hangolói módszert alkalmazott a bolygópályák kijelölésére. Ezt nem tudta megtenni sem Ptolemaiosz, sem követőinek tábora, mert ismeretlen volt számukra az a hangvilla, amelyet Kopernikusz fedezett fel: a Föld pályája. Megfigyelte a bolygók retrográd mozgásának íveit (ezt a mozgást a Föld forgása idézi elő), és ennek alapján a hangoló szerepét töltötte be, aki hallgatja a bolygó húrjának összecsendülését a Föld húrjával. Majd számítással meghatározta a Mars, Venus, Jupiter vagy Merkúr pályaméretének a földi pályához való viszonyát úgy, ahogyan megállapították a rezgések frekvenciaviszonyát, vagy a húr hosszát a tercben, a kvintben vagy az oktávban... Kopernikusz megtalálta az égi lant kulcsát, felfedezésén érzett nagy örömét fejezi ki az Orbis Magnus (Nagy Kör) elnevezés, amelyre a Föld pályáját keresztelte.”

Éppen ezt a *zenei* követelményt tartotta Kopernikusz mint pithagoreuskövető a legfontosabbnak. Hiszen először Pitagorasz nevezte a világot rendnek (görögül: „kozmosz”), és az ő hetes számát hét magánhangzó, hét zenei húr, a Plejádok hét csillaga szentként tisztelték. Kopernikusz halála után száz évvel a nagy csillagász, a heliocentrikus rendszer tökéletesítője, *Johannes Kepler* (1571— 1630) is engedett a kísértésnek, és olyan hasonlóságot keresett a csillagok pályaméretei között, mint amilyen a zenei hangközök között van. Legnagyobb diadalának tekintette azt a felfedezést, hogy zenei szabályszerűség van a pályák rendszerében. Van valami elbűvölő az ősi pithagoreusi koncepcióban, a századunkban élő *James Jeans* (1877-1946) például, aki mindenki számára hozzáférhetővé akarta tenni a fizika új vívmányait, azt írja, hogy a világmindenségben uralkodó törvények „nem annyira elvekre emlékeztetnek, amelyek a gépek mozgását irányítják, hanem inkább szabályokra, amelyeket a fúgát komponáló zeneszerző tart szem előtt.”

Kopernikusz idejében azonban tulajdonképpen nem ismerték fel, hogy mit is jelent a szférák zenéjének pithagoreusi koncepciója, sok

filozófus csak közhelyként ismételgette. Rhetictis fentebb említett beszámolója azonban a nagy csillagász közvetlen zenei vagy inkább talán zenetudományi érdeklődéséről tanúskodik (például a *Commentariolusban* a csillagok balettjéről ír). Kopernikusz rendkívül szemléletesen hasonlította össze a világ új arculatának maga végzett modellezését a hangszerét hangoló muzsikus tevékenységével.

A régi pithagoreusi gondolat felelevenítőjének, Kopernikusznak ez volt az egyik legeredetibb érve. A többi érv másféle volt, mivel a matematikai gondolkodásból következett, vagyis olyan ember számításainak eredménye volt, aki az égitestek helyzete kiszámításának szentelte magát. Nem csoda, hogy Kopernikuszt kortársai elsősorban matematikusnak tekintették. Rheticus, aki a wittenbergi egyetemen a matematika professzora volt, a *Narratio Prímában* Kopernikuszt kiváló matematikusnak nevezte, magát pedig „matematikát kedvelő ifjú”-ként mutatta be. Mások hasonlóképpen olyan tudósnak tekintették, aki az általa megfigyelt égi jelenségeknek a lehető legtökéletesebb formát, a matematikai formát tudta adni. Kopernikusz tehát itt is a pithagoreusi gondolat nyomán haladt, ugyanis e filozófia képviselői a matematikát és a csillagászatot szorosan összekapcsolták. Arisztotelész a következő szavakkal jellemezte őket: „áthatva a matematikától, kezdték azt vallani, hogy ennek alapelvei minden lét alapelvei..., a számokat a természetben a legelső dolognak tekintették, a számok elemeit a lét elemeinek, az egész égboltot harmóniának és számnak”. Emlékezzünk arra is, hogy évszázadok óta az összes tudomány közül csak a matematikát tartották az összes tudományos diszciplínák felülmúlhatatlan ideáljának. De ne menjünk vissza egészen Platónig (a legenda szerint távol tartott magától mindenkit, aki nem ismerte a matematikát), elég megemlítenünk *Roger Bacont* (1214-1294), ő a XIII. században azt írta, hogy „minden tudomány megköveteli a matematika alkalmazását”. 300 évvel később, már Kopernikusz életében Leonardo da Vinci *Paragone* című művében így írt: „egyetlen emberi gondolkodás sem megbízható, ha nem állta ki a matematikai gondolkodás próbáját”. Sok korabeli, de még későbbi tudós szemében is, kizárólag csak a matematika számított igazi tudománynak, csak a matematikai úton levont következtetések helyességében nem kételkedtek, az összes többi tudomány pedig állandóan megsemmisítő kritikának volt kitéve. A matematikát a mai felfogás szerint olyan tudománynak tartjuk, amelynek feladata

a jelenségek szám szerinti elrendezése; igaz, ez a felfogás sem volt idegen a régi idők tudósai előtt. Rendszerint megfeledkezünk arról, hogy a XVI. és XVII. században a matematika az *egyetemes tudományt* (mathesis universalis) jelentette, amely leggyakrabban magába foglalta a különböző tudományok alapelveinek összességét és az általánosan értelmezett módszereket. Ha zenei műveket írtak, ezek matematikai értekezések voltak, mivel a „matematika" fogalmába tartozott a zene is, a számtan, a mértan, a mechanika, az optika és a hidraulika mellett. Az így értelmezett matematika élére az euklideszi geometria logikai szabályai kerültek. Nemcsak tudósok, filozófusok, a társadalomtudományok képviselői, hanem a művelt emberek igen széles rétege is rendszerint azonosította a matematikát az általánosan értelmezett tudományos módszerekkel. Ennek következtében sokan igen komoly eredményeket értek el a tudomány minden területén.

Az így meghatározott matematikai gondolkodás néhány alapvető axióma elfogadását követelte meg, amelyek lehetővé tették a logikailag megszerkesztett következtetések levonását. Ezért választotta Kopernikusz a *De Revolutionibus* című műben a gondolkodás központi tézisét. Szükség volt ennek elfogadására, ha a mű szerzője nem akart elsüllyedni a mindennapos megfigyelésekből levont, lavinaszerűen növekvő anyag tengerében.

El kell ismerni ennek a gondolkodási stílusnak az újszerűségét, amely a következő elven alapszik: nem szabad ragaszkodni bizonyos következtetésekhez, ha a vizsgálat folyamán kiderül, hogy hamis, ellenben össze kell gyűjteni azokat a bizonyítékokat, amelyek bizonyos, egyelőre még nem ellenőrzött tézis helyességét megerősítik. Így azután megállapíthatjuk, valóban kiérdemli-e az a tézis az új elmélet megjelölést, és mint ilyen, helyettesítenie kell-e az előző elméletet, amely most már elvethető. Így, és csakis így fejlődhet a tudomány.

Kopernikusz tudományos gondolkodási módszeréről nem maradt fenn semmiféle értekezés, fő művében azonban éppen ezt az eljárási módot választotta. Gondolatai útját közelebbről megvizsgálva bebizonyosodik, hogy a *De Revolutionibus* az emberi értelem fejlődésének történetében azért foglalhat el olyan előkelő helyet, mert alkotója a szédítő víziókat össze tudta egyeztetni a

tudományos gondolkodás szigorú szabályaival, amelyek azután véglegesen kijelölik egy mű rangját a kor egyéb művei sorában.

A nagy művészek alkotásaival ellentétben még a legnagyobb tudósok művei is hamar elavulnak. Minek köszönheti a *De Revolutionibus* még századok múltán is rendkívüli életerejét? Azokban az időkben, amikor a tudományos felfedezések összehasonlíthatatlanul gyakrabban kapcsolódtak nagy intellektuális élményekhez, mint ma, Kopernikusz felfedezése az emberi gondolkodás hatalmát hirdette. Azt sem szabad elfelejtenünk, hogy a csillagászat, amely az összes tudomány között a legpoétikusabb és a beavatottakat a legnagyszerűbb látvánnyal ajándékozza meg: lehetővé teszi, hogy a gondolkodás szigorú szabályait a képzelőerő végtelen gazdagságával kapcsolják össze. E tudományág sajátos jellege egymaga azonban nem tudta volna biztosítani a kopernikuszi felfedezés maradandóságát, ha nem a rendkívül ritka, fegyelmezett találékonyság lenne a mű főcrőssége. Jobban jellemezzük Kopernikusz szellemiségét, ha gondolkodónak tekintjük, mintha hagyományosan csillagásznak valljuk. Mindamellett nem az általánosan ismert univerzális érdeklődéséről van szó, hanem arról, hogy a Napot, a Holdat és a csillagokat megfigyelve műve olvasóinak a gondolkodás új horizontját mutatta meg. Ha tehát helyesen Kopernikuszt az „új égbolt megteremtőjé”-nek nevezzük, egyszersmind arra is gondolunk, hogy megalkotta a Föld új képét is, pontosabban szólva kijelölte a Föld új helyét a világmindenségben és ezzel együtt az ember új helyét az általa lakott bolygón.

Amikor Kopernikusz tizenhárom éves volt, az olasz humanista Pico della Mirandola (1463-1494) *Az ember méltóságáról* (De hominis dignitata) című híres művében a következőket írta: a Teremtő így szól az első emberhez: „Te vagy a világ közepe, hogy kényelmesebben körültekinthess mindazon, ami a világon van” (ford. Kardos Tibor). Amikor Mirandola e szavakat írta, nem sejtette, hogy egy-két évtized múlva az Alpoktól északra megszületik a gondolat, amely megváltoztatja az emberek évszázadok óta vallott meggyőződését, hogy a világmindenség középpontjában élhetik le életüket. Amikor ma azt mondjuk, hogy a Nap „csillag a galaktika elővárosában” és a Föld „kozmikus hajó”, amely a végtelen térben vitorlázik, csaknem mindig Kopernikusz zseniális ötlete a forrásunk. Felfedezése következtében „az ember

bolygója" lényegesen szerényebb szerepet kapott, mint addig. Megváltozott az összehasonlító mérce, amelyet az ember alkalmazott, amikor magáról és az általa lakott Földről gondolkodott.

Helyesen írja Herbert Butterfield A *mai tudomány származástana* (1300-1800) című könyvében: „Amikor a dolgokat a megfelelő arányukban meglátták, az egész isteni erőfeszítés túl nagynak kezdett látszani, Isten fáradozásának tárgya pedig túl jelentéktelennek." Ezért nevezik kopernikuszi alapelvnek a világmindenség egységét hirdető és ma már általánosan elfogadott alapelvet, amely kimondja, hogy a Földnek a világegyetemben elfoglalt helyzete semmivel sem különbözik végtelen sok más égitest helyzetétől.

Kopernikusztól eltérően ma már nem befejezett, harmonikus változatlanságba dermedt alkotásként képzeljük el a világmindenséget. Tudjuk, hogy állandóan változik, és inkább az állandóan hömpölygő folyamhoz hasonlít, mint örökre megszerkesztett órához. Hogy így van-e valóban, nem tudjuk, hiszen a tudomány története éppen ezt mutatja, hogy a legfrissebb tudományos felfedezés sem mindig igaz. A világmindenség felépítéséről folyó mai vitákban Kopernikusz neve ugyanolyan gyakran felmerül, mint a XVI. és XVII. században, amikor rendszere körül lángolt fel a tudósok szenvedélyes vitája.

Albert Einstein Leopold Infelddel közösen kiadott *A fizika forradalma* című könyvében azt írta, hogy Kopernikusz harca Ptolemaiosz nézetei ellen nem volt jelentős, mivel a relativitáselmélet megvilágításában a két rendszer csupán a különböző koordináta-rendszerek megválasztásában különbözik egymástól. Megállapítását más tudósok azzal cáfolták, hogy a naprendszerben csaknem az összes anyag a Napban koncentrálódik, amelynek tömege 330 000-szer nagyobb, mint a Föld tömege és 750-szer nagyobb, mint az összes bolygó tömege együttvéve. Ezenkívül nem mindig tudjuk tetszés szerint megválasztani a vonatkoztatási rendszereket, különösen akkor nem, ha nemcsak magát a mozgást, hanem az azt jellemző törvényeket is vizsgálni akarjuk. Ha például fénysugár útjában táncoló porszemek mozgását figyeljük meg, tetszés szerinti porszemet tekinthetünk vonatkoztatási rendszernek, de ha a

mozgást irányító törvényeket akarjuk megérteni, bizonyos kitüntetett rendszert kell választanunk. A világmindenségben éppen a Nap ez a kitüntetett vonatkoztatási rendszer, ahol éppúgy érvényesülnek a gravitációs tér törvényei, mint a speciális relativitáselmélet törvényei. Ily módon a kopernikuszi heliocentrikus rendszert nemcsak hogy nem szorítja ki az einsteini relativitáselmélet, hanem fel is használja, mint olyan koncepciót, amely meghatározza a megfelelő vonatkoztatási rendszert.

Ez is bizonyítja, hogy a kopernikuszi elmélet ma is jelentős a csillagászatban

és a filozófiában egyaránt. Emlékezzünk arra, hogy Kopernikusz a következő generációnak még egy örökséget hagyott: ismerjük meg a minket körülvevő valóságot, és ezzel összefüggésben alkossuk meg a világmindenség és a Föld minél tökéletesebb képét. *Johann Wolfgang Goethe,* aki nemcsak nagy költő, hanem kiváló tudós is volt, megfigyelte, hogy amikor a természeti jelenségekben valamilyen gondolat helyességét akarjuk ellenőrizni, a gondolat igen gyakran ellentmond érzékeinknek. Megfigyelését Goethe nagyon szembetűnő példával támasztotta alá: „A kopernikuszi rendszer nehezen érthető gondolaton alapszik, és állandóan ellentmond érzékeinknek.” E kijelentés alapján kiegészíthetjük a Kopernikuszról alkotott meglehetősen egyoldalú képet. A tudós méltatói ugyanis általában a csillagásznak a hagyományos tekintélyekkel vívott harcát hangsúlyozzák, viszont nem említenek egy másik tényezőt, amely a világmindenség tudományos képének kialakulása szempontjából rendkívül fontos: elmélete szöges ellentétben állt a valóság érzékeink nyújtotta képével. Tudott erről maga Kopernikusz is, könyve előszavában azt írta, hogy művét bizonyára „értelmetlen”-nek fogják találni. A *De Revolutionibus* I. Könyvének nyolcadik fejezetében szólt arról, hogy a Földről az égboltra tekintve úgy látszik, mintha az egész világ a Föld körül forogna. Ez csak érzéki csalódás, jegyezte meg, amit az is bizonyít, hogy amikor a hajó elhagyja a kikötőt, úgy tűnik fel, mintha a mezők és a városok hátramaradnának és a hajósok minden hajón kívül levő tárgyat úgy látnak, mintha azok hátrafelé mozognának, ők maguk pedig mozdulatlanok a hajón található minden tárggyal együtt.

Kopernikusz a reneszánsz legnagyobb tudósai közé tartozott. E

tudósok helyesen ragadták meg az emberi megismerés lényeges problémáját: az érzéki tapasztalatot és a gondolkodást két olyan tényezőnek fogadták el, amelyek kölcsönhatása a valóság megismerése folyamatában nélkülözhetetlen. Tudták, hogy az emberi agy az érzékek közvetítésével szerzett benyomásokat nem passzívan raktározza el, hanem feldolgozza őket. A „tapasztalat”-ot és az „értelmet” néhányszor ugyanazzal a kifejezéssel jelölték. A közös elnevezés gyakran különböző tartalmat rejtett, míg a különböző elnevezés közös tartalmat is takart. Együttes alkalmazásuk a teológia ellen irányuló humanista szemléletet jelentette, más szóval: a dogmatikus nézetekkel szembehelyezkedő kritikai magatartást. A hagyományos dogmatika tekintélye ellen a tapasztalat és az értelem érveit egyaránt felhasználták.

A távcső és a mikroszkóp feltalálása előtt (tehát mielőtt a tudósok érzékszerveiket tökéletesíteni tudták volna), az emberi gondolkodás volt az egyetlen műszer, amely lehetővé tette a mindennapi megfigyelések kritikai felülvizsgálását. Kopernikusz ugyanolyan csillagászati műszereket használt, mint az ókori csillagászok. Ezek kétségtelenül félre is vezethették őt, mint ahogyan félrevezettek annyi előtte és utána élő csillagászt. Nem csoda tehát, hogy annyi energiát fordított a szabályos gondolkodás elvének tökéletesítésére. Tisztában volt azzal, hogy bár a fogalmak a tapasztalatokból születnek, az érzéki benyomásokat nem tarthatjuk tökéletesen hűnek. A XIV. századi padovai *Marsigli* olasz író meghatározása szerint azok mindig „átgondolt tapasztalat”-ok (sensata experientia). Az emberi agy ugyanis a nagyon sok benyomás közül csak azokat válogatja ki, amelyek a megismerési folyamatban a vizsgálat célját tekintve fontosak. Egy észlelő sem mentes a tudatában már elrendezett tapasztalat előbbi eredményeitől. Így tehát minden megismerési folyamat „érzékszervi” és „értelmi” elemekből áll. Kant és követői még azt hirdették, hogy tudatunk az érzékszervek által nyújtott anyagot csak szintetizálja, később azonban kitűnt, hogy ez az anyag értelmi elemeket is magába foglal. Ez arra késztette a mai filozófusokat, hogy újólag maghatározzák az „empirizmust” és a „racionalizmust” elválasztó határok fogalmát.

Ha Kopernikuszra jobban illik a gondolkodó, mint a csillagász név, akkor találóbb lenne őt a heliocentrikus elmélet megalkotójának

mint felfedezőjének nevezni. A „felfedezni" szó a valósághoz való passzív viszonyt fejezi ki, az „alkotni" szó pedig azt jelenti, hogy a világgal szemben aktív magatartást tanúsítunk, és így gazdagítjuk tudásunkat. A kopernikuszi felfedezés lényege akárhogyan is nevezzük, változatlan: független attól, hogy az égitestek milliárdjai közül melyik a lakhelyünk, az ember a megfigyelésekből kiindulva az értelem és a képzelet erejével olyan műveket tud alkotni, amelyek vezérfonalat adnak a gondolkodók nemzedékei számára, akik közös erőfeszítéssel alakítják ki a Föld egyre tökéletesebb, új képét. Az az intellektuális élmény, amely Kopernikusznak megadatott, káprázat volt, ilyen a tudományok történetében több száz évben ha egyszer megtörténik. Ezért csodálatot kell keltenie ma is, amikor egyetlen nemzedék életében olyan sok és nagy felfedezésnek vagyunk tanúi.

ERAT AD OMNIA QUAENON ESSENT PHILOSOPHIA

MIN US ATTENTUS

Mindarra, ami nem volt filozófia, kevésbé volt figyelmes

BOGDAN SUCHODOLSKI

KOPERNIKUSZ JELENTŐSÉGE A TERMÉSZETTUDOMÁNYOK ÉS AZ EMBERREL FOGLALKOZÓ TUDOMÁNY FEJLŐDÉSÉBEN

Talán csodálkozást kelt a fenti cím. E tanulmányban ismertetjük Kopernikusz jelentőségét nemcsak a természettudományok, hanem az emberrel foglalkozó tudomány fejlődésében is. Csaknem mindannyian a XIX. század neveltjei vagyunk, amelyben a természettudományos és humán műveltségű emberek sorsa elkülönült. A múlt század neveltjei vagyunk abban az értelemben is, hogy még emlékezünk azokra a próbálkozásokra, amelyekkel külön módszertani alapelveket akartak megállapítani a tudomány e két területén. A XX. században élünk, amelyben a természettudománynak és a humán tudománynak főként a kultúra és a technika ellentétében kifejezésre jutó konfliktusa elháríthatatlannak látszott és látszik sok ember számára. A háború megsemmisítéssel fenyegeti kultúránk alapvető értékeit, életünk néhány területét pedig a technika társadalmilag nem ellenőrzött fejlődése veszélyezteti. Ezért könnyen azt hihetjük, hogy a

természettudomány és a humán tudományok között egyre mélyebb a szakadék.

E tapasztalatnak ellentmond, ha elgondolkodunk Kopernikusz életművén és egyúttal tulajdonképpen a természettudományos elméleteknek a humán tudományokban betöltött szerepén. Kopernikusz elfogadásának történetében éppen az a legfontosabb, hogy a természettudomány alapvető, mély világnézeti ellentmondások kiindulópontja lett. Ha elgondolkozunk Kopernikusz életművén, nemcsak a csillagok tudományának történetéről, hanem a csillagokkal ismerkedő ember történetéről is elmélkedünk. Ez a két szempont elválaszthatatlanul összekapcsolódik Kopernikusz tevékenységében és rendszerének halála utáni sorsában.

A XVI. század első felében a világmindenség új elmélete csak a csillagászok szűk körét érdekelte. A XVI. század végén és a XVII. században azonban igen fontos lett ez a tudomány mindazok számára, akik meg akarták ismerni és meg akarták érteni az ember helyzetét a természet nagy világán belül. Kopernikusz tanának híveit az egyház nem azért üldözte, mert a csillagokról, a Napról és a Földről új nézeteket hirdettek, hanem azért, mert e csillagászati tézisekből új emberszemlélet fakadt. Az egyházat közvetlenül nem érintette a Föld, a Nap és a csillagok tudománya, de az érdekelte, hogy az emberek mit gondolnak a világmindenségben elfoglalt helyükről. Ebben nyilvánul meg a természettudomány és humán tudomány sorsának elválaszthatatlansága Kopernikusz életművében és halála utáni történetében.

Milyen tapasztalatokban rejlik az emberről és a természetről szóló igazság? Vajon a XIX. század tapasztalataiban, amelyek a humán és a természettudomány ellentétéről győztek meg bennünket, vagy a kopernikuszi, történelmi tapasztalatokban, amelyek kimutatták azok kapcsolatát?

Úgy gondoljuk, hogy ehhez az igazsághoz és egyben az európai történelem nagy igazságához is a kopernikuszi eszmék nyomán haladva jutunk el. Ha tovább gondolkodunk Kopernikusz életművén, arról győződünk meg, hogy a természetre és a kultúrára vonatkozó fogalmak közötti szoros kapcsolat az ókori görög civilizáció idejéből származik, amikor a világ és az ember képe

elválaszthatatlanul összeforrt. Nemcsak a görög filozófia, de a görög művészet, főleg a görög dráma bizonyítja az ember és a világ kapcsolatát. A logosz és az ethosz fogalma, amelyet a görög filozófia és a görög dráma fejlesztett ki, az embert a lét óriási hatalmának alávetett, de ugyanakkor a csillagokban megírt sorsa ellen lázadó lénynek mutatta. A görög hagyomány a végzet hagyománya volt, amely egyformán uralkodott az istenek és az emberek világában, de ugyanakkor az ember sors elleni lázadásának is hagyománya volt, amelyet Prométheusz lángoló fáklyája szimbolizált. Ez a lángoló fáklya jelképezte azt a lelkesedést is, amely lehetővé tette az embereknek a technika fejlesztését. A tudás világosságával és a technika hatalmával az ember megszerezte az uralmat a világ felett, amelyhez tartozott és amely bár ellensége volt egyidejűleg engedelmeskedett is neki.

Az európai kultúrában a társadalmi élet, a metafizikus elképzelések és a művészetek más irányban fejlődtek, mint Görögországban. Mégis a görög dráma és a görög mitológia maradt fenn az európai tudatban, mivel az embernek a világmindenségben elfoglalt helye ugyanolyan fontos probléma maradt, amíg a természettudomány és az emberrel foglalkozó tudomány fejlődése kölcsönösen függött egymástól.

A reneszánsz korában e problémákat új területeken is felfedezték. A világ és az ember középkori felfogása elleni harcban a reneszánsz nagy művészei, költői, nagy utazói és tudósai, nagy politikusai és hadvezérei a világ új arculatát tárták fel, új módon olvastak a múlt romjaiból és emlékeiből, másként szervezték az államokat és a városokat mint régen, másképpen fogták fel az ember boldogságát.

Az anyagi és szellemi világ új alakját feltáró, nagy felfedezések kora a bátor tettek és merész vállalkozások, a tudatlanság és az engedelmesség fölött aratott győzelemből fakadó öröm kora volt.

Van valami szimbolikus abban az elragadtatásban, amellyel a korai reneszánsz művészei Dávid alakját megformálják. Fiatalos bátorság és erő sugárzik a művekből, amellyel Dávid legyőzi a nála sokkal hatalmasabb ellenséget. A ragyogó firenzei szobrászművészetben a XV. század derekán *Donatello* a saját tettén eltűnődő győztes fiatal alakját mintázta *meg. Andrea dél Castagno* ugyanebben az időben Dávidot szintén a győzelme után ábrázolta, amint a drámai

színekkel megfestett ég háttere előtt áll, tele lelkesedéssel és elragadtatással, magasba emelt kézzel, szétnyitott ujjakkal hirdetve a nagyság diadalát és a győzelem örömét.

A győztes ember jelképe a XV. és a XVI. század fordulóján más alakban jelent meg *Giorgione* három filozófust ábrázoló, elgondolkoztató képén. Míg a két öregebb szomorúsággal és haraggal tekint a világba, a fiatal harmadik kezében körzőt és szögmérőt, az új tudomány szimbólumait tartva, reménnyel és elragadtatással nézi az elé táruló tájat, az égboltot és a Napot, amelyet vizsgálni fog.

Talán sohasem fogjuk megtudni, hogy ez a fiatal filozófus Kopernikusz volt-e, ahogyan a legenda tartja. De ha ez az arckép nem is őt ábrázolja, akkor is szimbólum, amelynek segítségével Giorgione a világ megismerésének új, kopernikuszi módszerét mutatja be, szembeállítva a régi, elvont, verbális reflexiókkal.

A valóságnak ezt az új vizsgálati módszerét, amelyet a Föld bátor és kitartó megismerésében alkalmaztak először, felhasználták a nagy utazók is, *Kolumbusz*szal az élen. Ez a módszer tette lehetővé *Machiavellinek,* hogy leleplezze a politikai harcok mechanizmusát és az államirányítás szervezetét. *Leonardo da Vinci* és *Dürer* tökéletesítette a módszert, majd átlépve a festészet határain az emberi test és a természet anyagi formái megismerésének teoretikusaiként lépett fel.

A módszer diadala Kopernikusznak a világ telepítéséről írott nagy műve volt, amely egy évben jelent meg *Vesalius* hasonlóan kiváló és merész *De humani corporis fabrica* (Az emberi test felépítéséről) című tanulmányával.

Sokféle konkrét kutatási módszert ismertek. Az új módszer alapvető tartalma, szelleme az embereket mélyebb gondolkodásra és merészebb cselekedetekre ösztönözte, és az embernek a saját tudatába vetett bizalmát fejezte ki, a matematikát híva segítőtársul.

Ebben az időben a matematika fontosságát még többre értékelték. Kopernikusz is lelkes hirdetői közé tartozott és nyíltan vallotta, hogy elméletét elsősorban az alkalmazott matematikai számítások egyszerűsége dicséri. „Az a véleményem, hogy könnyebb elfogadni,

mint törni a fejünket a körök csaknem végtelen mennyiségén, ahogyan azoknak kell tenni, akik megtartották a Földet a világ közepén. Itt inkább a természet bölcsességét kell követni, amely szigorúan tartózkodott a felesleges vagy haszontalan megteremtésétől, inkább egy dolgot látott el sokféle következménnyel".

Ilyen módon Kopernikusz a modern ismeretelmélet fő problémáját, az emberi tudat és a természeti törvények összefüggését fogalmazta meg. Mi az oka, hogy ami a tudat számára igazság, az egyszersmind a valóság törvénye is? Vajon az emberi tudat működik úgy, ahogyan azt a természet bölcsessége kívánja, vagy a természet bölcsessége működik úgy, ahogyan azt a tudat diktálja?

Ebben az értelemben mondta Kopernikusz a világ matematikai képét felvázoló elméletről ezeket a jellemző szavakat: „... ebben az elrendezésben találtuk meg tehát a világ csodálatos rendjét, ... amelyet más módon feltárni nem lehet".

Ha ebből a szempontból elemezzük Kopernikusz életművét, és figyeljük meg a tudós halála után a mű további sorsát, akkor megállapíthatjuk, hogy mindkettő szorosan a természettudományok fejlődéséhez és az ember öntudatának fejlődéséhez kapcsolódott.

Kopernikusz Európa történelmének abban a korszakában tűnt fel, amikor az ember bizalma először rendült meg a megismerés addigi formáiban.

Miben nem bíztak többé Európában az emberek? Egyre inkább elvetették a középkori skolasztika elméletét. A skolasztikus filozófiai felfogás lényegében addig bízott az ember saját értelmének erejében, amíg az meghatározott módon kapcsolódott a hit tételeihez, a lét metafizikus felfogásához. A skolasztika ugyanis az emberi tudat és az isteni kinyilatkoztatás rokonságába vetett hitre támaszkodott, amelynek értelmében az ember megismerő törekvéseinek és tevékenységének eredményességét a földi lét tökéletesítésének metafizikus elve biztosította.

A reneszánsz kétségbe vonta ezt az elvet, rámutatott, hogy ez alapjában véve a valósággal nem számoló dogmatizmus. A reneszánsz egyedül az ember megismerő képességébe vetette

bizalmát és ezzel teljesen új módszer lehetőségét tárta fel, nevezetesen az empirikus valóság érzéki felismerésének módszerét. Arról volt szó, hogy a hit béklyóitól megszabadulva saját szemszögéből lássa mind a természetet, mind a történelmet. A reneszánsz a konkrét dolgokra és a konkrét eseményekre vonatkozó érzéki megismerés fejlődésének korszaka; mind a természeti, a földrajzi környezet, mind pedig a múlt, a hagyományok, a műemlékek, szobrok közvetlen, érzéki módon való megismerésének korszaka.

Kopernikusz abban az időben alkotta meg új ismeretelméletét, amikor a dogmatikus és skolasztikus racionalizmust felváltotta a konkrét valóság érzéki megismerésének elve. A csillagász mind a két felfogást elvetette, ezzel nagymértékben elősegítette az új, tudományos megismerés kidolgozását, amely egyaránt szemben áll az intellektuális, dogmatikus spekulációval és az érzéki tapasztalat közvetlen adatainak elfogadásával. Kopernikusz nagyságát nemegyszer azzal jellemzik, hogy volt bátorsága szembehelyezkedni az akkor elismert tekintélyekkel és a dogmákkal. Nagyságát azonban talán még jobban bizonyítja, hogy fenntartással fogadta el az érzéki tapasztalat közvetlen adatait is, azt állítva, hogy a Nap nem kel fel, és nem nyugszik le. Kopernikusz elmélete nemcsak azért volt bátor, mert elvetette az antik, a bibliai és a skolasztikus hagyományokat, hanem azért is és talán főleg azért, mert az általa alkotott tudomány szembehelyezkedett az általános emberi tapasztalat közvetlen érzéki adataival is.

Kopernikusszal indult fejlődésnek a megismerésnek ez az új módszere, amely az új tudományban olyan sikeresen bevált. A világ matematikai megismerésének ez a módja azonban összeütközésbe került az emberek közvetlen tapasztalatok alapján kialakított világképével. Míg a tudomány a világot egyre elvontabb formában mutatta be, a XVII. század művészete, főként a flamand művészet, a világot a közvetlen érzéki tapasztalatok világaként ábrázolta. Az ember környezete a művészet szemszögéből nézve érzéki világnak és nem a matematikai sémák világának látszott.

John Locke (1632-1704), aki olyan behatóan tanulmányozta az ismeretelméletet, különös figyelemmel határolta el egymástól a világ kétféle elfogadását. Azt ál!í totta, hogy benyomásaink,

elképzeléseink valójában az ember szubjektív állapotai, autentikus valósága. Vajon a kékség színe valóban létezik? kérdezte. Vajon valóban létezik az égbolt kéksége, a virágok kéksége? Locke véleménye szerint nincs értelme a kérdés feltevésének. A kékség, mint belső, emberi tapasztalat létezik, a kékség kétségtelenül létezik, tekintet nélkül arra, hogy mit mond a természettudomány annak reális, emberen kívüli létezéséről. Nincs értelme megkérdezni, hogy a kékség valódi-e, vagy hamis, egyszerűen van. A művészetnek Locke véleménye szerint foglalkoznia kellett ezzel a szubjektív valósággal, amelyről nincs jogunk megmondani, hogy valamilyen módon megfelel-e az objektív valóságnak, de amelyről minden kétséget kizáróan tudhatjuk, hogy a mi emberi valóságunk. A tudomány viszont nem tapasztalataink szubjektív állapotának, hanem létigazságnak tartja a valóságot, amely arról tájékoztat, milyen is a lét valójában.

Így a XVII. században megerősödött az ember önbizalma. Ennek a folyamatnak két oka volt: egyrészt megnőtt az ember bizalma a konkrét élete valóságból származó saját érzéki tapasztalataiban, ezt a valóságot a művészet ábrázolta; másrészt megnőtt az ember bizalma a valóság nem érzéki és nem elképzelhető megismerésében, a matematikai és absztrakt megismerésben, a valósághoz hűen, de az ember élményeihez és tapasztalataihoz nem hűen.

Korunk problémáit vizsgálva feltehetjük a kérdést: vajon a megismerésnek ez a két formája megkülönböztethető-e ma is? És a jövőben? Vajon ahogyan néhány mai tudós és filozófus mondja el kell-e valóban fogadni az ember két kultúrájának tézisét: a tudományos, matematikai, absztrakt, saját szemmel nem látott, az ember elképzeléseivel és érzéseivel, konkrét tapasztalataival nem összefüggő kultúráról és a szemléletes, plasztikus, konkrét, élő, az irodalom és a művészet közvetítésével az ember tapasztalataival összefüggő kultúráról?

E két lehetőséget mérlegelve úgy gondolom, inkább a természettudományok és a humán tudományok integrációját várhatjuk. Úgy gondolom, hogy e két kultúra integrációját az teszi lehetővé, hogy a modern természettudomány és a modern humanisztika ma másként veti fel a kérdéseit, mint a XIX. században, amelyek miatt összeütközésbe kerültek egymással.

A természettudományok és a humántudományok e másfajta kérdés feltevése azzal a meggyőződéssel függ össze, hogy az ember az igazságot nem annyira a valóság egyszerű utánzásával, hanem inkább annak megteremtésével érheti el.

A természettudományok ma már arról a szintről indulnak fejlődésnek, ahol az egyetlen probléma a létező valóság megfigyelése volt, és a fejlődésnek arra a fokára jutnak el, ahol a létező valóság megfigyelésének kapcsolódnia kell a valóság megteremtésének folyamatával. A megteremtett valóság képezi azután a megfigyelés tárgyát. A természetben rejtőző atomenergiát a fizikusoknak először fel kell szabadítaniuk, hogy vizsgálataik és megfigyeléseik tárgya lehessen. Ugyanígy van a társadalomtudományokban is. Magának az embernek a megismeréséhez sem elegendő csak a történelem folyamatát megfigyelni, amelyben az ember valamilyen módon felhívta magára a figyelmet. Új társadalmi valóságot kell teremtenünk, amelyben azután fény derül arra, mi is az ember valójában és mi lehet.

Ma a tudománynak, a technikának és a művészetnek közös elve az a meggyőződés, hogy a valóságot új valóság megteremtésével ismerjük meg. A két kultúra, a tudományos és a művészeti kultúra új és nagy integrációja hajtható végre, ha arra a meggyőződésre támaszkodunk, hogy az igazság a valóság új alakjait megteremtő emberi alkotóerő kifejezése. Természetesen lehet pesszimista és baljóslatú nézetet hangoztatni, amely szerint a tudomány és a technika végül is megsemmisíti a természetet és az ember életét is, de sokkal megalapozottabbnak látszik az a felfogás, amely szerint a világ megismerésének fejlődése az emberi tudást tápláló forrás lesz, és az ember a valóságot vágyainak megfelelően alakíthatja majd.

Ezek után térjünk vissza ismét Kopernikusz életművéhez. Láthatjuk, hogy milyen sok szál köt össze vele bennünket. Ha visszaemlékezünk tudományos vizsgálataira, amelyeket teljes magányában a fromborki toronyban végzett, csaknem minden műszer nélkül, s ha ezzel szembeállítjuk a mai helyzetet, amikor az ember eljut a csillagokig, s most már nemcsak rendkívül pontos és óriási teleszkópjaival figyeli az égboltot, de űrrepülésekkel is egyre jobban megismeri, látjuk, hogy milyen távol vagyunk ettől az egyszerű és bátor korszaktól. Ugyanakkor azonban azt is látjuk,

hogy Kopernikusz problémái szakadatlanul a mi problémáink is.

Kopernikusz meggyőzött arról, hogy a világmindenséget új módon megismerő ember szellemi életének másként kellett alakulnia, mint amikor az emberek engedelmesen elfogadták a valóság hagyományos képét. Meggyőzött arról is, hogy az új szellemi kultúra új emberi létet és emberi tudatot igényel. Ma, amikor az atomkorban a természet megismerésének magasabb fokára hágtunk, az ember élete nehezebb és felelősségteljesebb lesz. És ismét ugyanazok a kérdések vetődnek fel, mint Kopernikusz korában: az égbolt megismerésének szükségessége, az ember nagyságának modellje, a Föld helye a világmindenségben és az ember helye a Földön, tehát a természettudósok és a humántudományok művelőinek nagy szövetsége.

Az ember megismerő képességébe vetett bizalom megerősödése, amely a reneszánsz kor emberére jellemző, rendkívüli és drámai módon egyre növekvő nyugtalansággal párosult, amely a világ és az ember hagyományos képének leleplezése és megsemmisítése során keletkezett. Az ember gondolkodása és cselekedeteinek bátorsága megingatta a középkor világképét, amely kijelölte az ember helyét a világban, feladatait, felelősségét, élete célját.

Vajon ez a bátorság megmutatta-e az embernek az igaz és boldog utat? ez volt az a nyugtalanító kérdés, amelyet egyre gyakrabban tettek fel a késő reneszánsz korában.

Olaszországban a quattrocento alkonyán lépett fel *Savonarola,* aki elítélte a Mediciek Firenzéjét, életük pompáját, a város kultúrájának csillogását. Hatására *Ficino* tűzbe vetette „pogány” műveit; *Botticelli* elégette „pogány” képeit. Mi tehát az élet igazi értelme? Mi az ember tevékenységének célja? Vajon a gazdagság boldogít-e? A velencei Civico-Correr múzeumban *Carpaccio* szokatlan festménye két gazdag velencei nőt ábrázol, akik a ház teraszán ülnek törpével, pávával és furcsa kutyákkal; az asszonyok messzi távolba elrévedő, tompa, bamba tekintete valamiféle csodavárást fejez ki, amely talán megszabadítja őket az unalomtól és az ürességtől.

Ugyanakkor az Alpoktól délre a társadalmi és vallási összeütközések is növekedtek. Az egyházi és a világi hatalom elvesztette tekintélyét. A parasztháborúk, főként Th*omas Münzer* felkelése,

annak ellenére, hogy vérbe fojtották, csapást mért a fennálló rendre. *Luther,* bár védelmezte a társadalmi rendet és követelte a lázadó parasztok megbüntetését, csapást mért a vallásra, a római egyházra.

Minden bizonytalanná vált; a kegyetlenség és pusztítás vette át a hatalmat. Dürer *Apokalipszis* című tizenöt nagy fametszetén mutatta be a kort, saját magát szenvedő emberként ábrázolva. *Bosch* képei bemutatják az élet mérhetetlen kegyetlenségét a gyönyörök csalfa igézetében, a Földre települt poklot. Ebben a szörnyű világban az igazi embernek Krisztusként kell hordoznia keresztjét az okoskodók és a csőcselék gúnyolódása közepette. E világ ellen tiltakozik a művész *A bolondok hajója* című képén; a nagy humanista, *Rotterdami Erazmus* megmutatja a világ őrültségét a balgaságról szóló tragikummal és iróniával tcii elmélkedéseiben. Barátja, *Morus Tamás* Angliában fejével fizet e társadalmi rend leleplezéséért, amelyben a „juhok felfalják az embereket".

Az élet hagyományos rendje tehát felborult és a reneszánsz kor reményei is kialudtak. Ebben az időben a lengyel csillagász magányába bezárkózva még egy csapást mért az ember vágyaira, elképzeléseire. Az a Föld, amelyen az emberek királysága annyira embertelen volt, nem maradhatott mozdulatlan, nem maradhatott a világmindenség középpontja. Szürke csillagként, magánosai), kijelölt pályán kellett keringenie.

Ilyen módon a megismerés hatalma, amely eddig az emberben saját nagyságának érzését keltette, most a világ olyan felépítését tárta fel, amely az ember félelmének forrása lett, mivel megmutatta neki magánosságát és kicsinységét. A világmindenség megszűnt kozmosz lenni, amely eddig az embernek isten teremtette lakóháza volt; a világmindenség rendje matematikai rend lett, az emberi érzésben és gondolatban nagyobb, de az emberi lét tapasztalataiban idegen és hűvös.

Csak kevés matematikus tudta Kopernikusz elméletét a világ matematikai harmóniájával rokon emberi gondolkodás diadalaként értékelni. A társadalom szélesebb köreiben, még a tudósok között is, az elmélet felháborodást és hosszú századokon át félelmet keltett. Úgy érezték, hogy megsemmisíti az ember nagyságát, és lerombolja a világban elfoglalt helyének jelentőségét és méltóságát. Ezt pedig nem tudták Kopernikusznak megbocsátani még olyan kiváló

emberek sem, mint *Melanchton, Bacon, Comenius.* De talán senki sem élte át mélyebben ezt a drámai ellentmondást az ember nagysága és csekélysége között, mint *Pascal,* aki istenítette a matematikát, és ugyanakkor nagyon mélyen érezte az emberi lét szükségességét is. Pascal értette meg, hogy ettől kezdve az új világmindenségben az ember nagysága és csekélysége, hatalma és értéktelensége elkerülhetetlen sorsa lesz.

Vajon felismerte-e Kopernikusz ezeket a drámai ellentmondásokat, amelyeket a Földről és a csillagról szóló elmélete kiváltott? Sok minden utal arra, hogy Kopernikusz tökéletesen tisztában volt javasolt elmélete nagyságával. Ez a tudat azonban inkább félelemmel párosult, hogy rendszerét mint furcsaságot kigúnyolják és talán még istenkáromlásnak is tekintik. Tudjuk, milyen sokáig habozott, míg vizsgálatainak eredményét közétette.

Semmi sem utal arra, hogy Kopernikusz gondolt azokra a következményekre, amelyeket a Föld hagyományos elképzelését megsemmisítő bírálata keltett mind általánosabban, minél többen ismerték meg Európában.

Kopernikusz írásaiban és bizonyára szerzőjük tudatában is a béke és a harmónia, a komolyság és az öröm légköre uralkodik. Nincs bennük semmi tragikum vagy vihar előérzete, amelyet a világban felkavartak.

Kopernikusz természetesen nem láthatta előre, hogy fél évszázaddal később tanainak megszállott követőjét, *Giordano Brúnót* máglyán elégetik Rómában, a Campo di Fiorin, és nem sokkal később másik híve, *Galilei* az inkvizíció karmai közé kerül. Elgondolkoztató viszont, hogy nem érezte meg: elmélete megrázó és nem az embereket megnyugtató igazság.

Miért volt ez így? Vajon azért, mert Kopernikusz, akinek elmélete legalább két évszázadon át felzaklatta az embereket, hatalmas vitákat váltott ki, és kegyetlen üldözéseket idézett elő ha hihetünk a reneszánsz történelmi bizonyítékoknak -, az egyetemes, a világ nagy harmóniájával együtthangzó, belső harmónia embere volt?

Erre a kérdésre akkor tudunk felelni, ha figyelembe vesszük, hogy Kopernikusz elméletét a társadalmi tudat egyoldalúan szemlélte. A

heliocentrikus rendszert olyan elméletként fogadták el, amely elmozdította a Földet kiváltságos helyzetéből és mozgásba hozta azt. Kopernikusz azonban nemcsak megmozdította a Földet, hanem mindenekelőtt megállította a Napot. Tana a világmindenség nagy koncepciója, amelynek középpontja és éltető ereje a Nap. Éppen ezért harmónia és öröm sugárzik belőle.

Mindennek középpontjában írta Kopernikusz a csillagokról van a Nap székhelye. Vajon ebben a legnagyszerűbb szentélyben tudnánk-e jobb helyet találni ennek a fáklyának, mint ahonnan mindent egyszerre meg tud világítani? Méltán nevezik egyesek a világ lámpásának, „lucerna mundi”-nak, mások a világ eszének, vagy a világ uralkodójának. Hermész Triszmegisztosz látható istennek, Szophoklész Elektrája mindent látónak nevezi. Így tehát a Nap mintha királyi trónján ülne, irányítja a körülötte keringő bolygók családját. A Hold szolgálja a Földet, bár a Hold a Föld legközelebbi rokona; a Nap megtermékenyíti a Földet, amely terhes lesz, hogy évenként gyümölcsöt hozzon.

Kopernikusz heliocentrikus nézeteivel nem állt egyedül. A reneszánsz kora lelkesedett a Napért. Különböző ideológiai szálak futottak össze ebbe a nagy rajongásba: a neoplatonizmus és a pithagoreusi hagyományok, sztoikus filozófia, valamint a vallásos misztika és a franciskanizmus néhány irányzata, középkori optikai tanulmányok, amelyek filozófiai szempontból fontos megkülönböztetést tettek a lumen és a lux között. (A lumen a fényáram, a lux a megvilágítás erősségének egysége.) Gondoljunk *Ficino* számos írására, főként az *Orphica Comparatio Solis ad Denm* (1480), valamint a *De Sole* (1492) című műveire, amelyekben megmutatta a Nap éltető erejét, és kozmikus „tabernaculum”-nak nevezte azt. Írásaiban az elképzelt és a látható teremtő erő a Nap, amely mint király, trónján ül a bolygók között, hogy azokat kormányozza. Gondoljunk arra, hogy mennyire elbűvölte Kolumbuszt is a Nap.

Vagy gondoljunk *Leonardo da Vinci* feljegyzéseire, amelyekben azt olvassuk, hogy a Nap mozdulatlan a világmindenségben és fénye megvilágítja a világmindenség összes égitestét; minden lélek tőle származik, mivel a meleg, amely az élő teremtmények tulajdonsága, a lélekből ered, és más meleg vagy fény egyáltalán nincs a

világmindenségben. Így gondolkodva a Napról, Leonardo felháborodással szól azokról, akik inkább az emberek dicséretét zengik, mint a Napét, mert nem látják, hogy az náluk sokkal nagyszerűbb és kiválóbb a világmindenségben.

A Nap e reneszánsz felfogása kifejezésre jut Kopernikusz tanaiban is. Szerinte a világmindenség zárt, amelyben a Nap, a világ nagy lámpása, az isteni gondviselés ragyogó tabernaculuma uralkodik. A Nap éltető sugaraiban forog, kering a Föld nyugodtan, biztosan és boldogan, miközben a Nap fényében és melegében fürdik.

Említésre méltó, hogy a kopernikuszi rendszer általános vallásos felfogásával ellentétben *de Bérulle* kardinális éppen ennek a bizalomnak és az örömnek a kifejezését látta meg az elméletben. Abban az időben, amikor az inkvizíció már perbe fogta Galileit, megállapította, hogy: *„un excellent esprit de ce siécle a voulu maintenir qite le Soleil est au suivie en la Science des Astres, est utile et dóit estre suivie en la Science de salut, Cár Jesus est le Soleil immobilé en sa grandeur, et mouvant toutes choses” (Discours de l'Estat et des Grandeurs de Jesus second discour* 1622. („Ennek a századnak kiváló embere, aki azt állította, hogy a Nap az égitestek megismerésére szolgál, s azt az örök boldogság megismerésének kell követnie, mert Jézus — a maga nagyságában maga a mozdulatlan Nap, aki megmozdít mindent”. (Beszélgetések Jézus mibenlétéről és nagyságáról — második beszélgetés).

Míg de Bérulle kardinális véleménye Kopernikusz elméletének metafizikus és vallási jelentőségéről meglehetősen elszigetelt volt, addig a „napos világ” eszméjét a reneszánsz Olaszországban sokkal általánosabban elfogadták. Erről tanúskodnak az új városok építészeti megoldásai és társadalmi elgondolásai. Az eszme végül is Campanella alkotásában jutott kifejezésre.

A kopernikuszi heliocentrikus csillagászati elméletnek felel meg *Campanella* társadalmi rend és szépség ideálja, amelyet a gazdag antik és olasz hagyományok jegyében a *Napváros* című művében mutat be.

De ne feledkezzünk meg arról, hogy a napváros utópia, álomkép, talán remény volt, de nem volt valóság. Talán azt akarta jelenteni, hogy az ember mégsem tartozik ehhez a napos világhoz, hanem a

Föld hidegével van összekötve?

Térjünk vissza egy pillanatra a korareneszánsz heliocentrikus elméletéhez. Ficino naprajongásában nem mindenki osztozott. Az öröm és a szerelem francia költője, *Ronsard* a csillagokról szóló himnuszaiban csaknem azon az úton haladt, amelyet Ficino kijelölt, de azt is észrevette, hogy Saturnus szembehelyezkedik Apollóval, és az a bánata, hogy a Nappal, a „világ lángoló és izzó lelké”-vel szembehelyezkednek a „csillagok, az éjszaka leányai”.

Hasonlóan Leonardo is bár istenítette a Napot tudta, hogy az ember nem érhet fel nagyságáig még egyetlen tekintettel sem. Ilyen értelemben mondta: *,,ö splendore dél corpo solare nel quale non si puo fermare l’occhio umatio”.*(Oh, Nap ragyogása, amellyel nem tud megtelni az emberi szem.)

Ezt a kettősséget *Michelangelo* vette észre a legdrámaibban. A Sixtus kápolna freskósorozatának tagja, az *Utolsó ítélet,* amelyet éppen abban az évben festett, amikor Kopernikusz a *Commentariolnst* írta, megmutatta a világosság és a sötétség ellentétét. Michelangelo Krisztusa egyesíti magában Jupiter és Apolló jellemzőit, mert éltető Nap, amely ugyanakkor el is éget mindent, ami él.

A fény és a sötétség kettőssége, amelyet olyan csodálatosan fejez ki a Mediciek síremléke allegorikus alakjaiban is, a nagy művész több versének tárgya volt.

Azok a gondolatok, amelyeket Michelangelo a festészet, szobrászat és költészet nyelvén fejezett ki, *Giordano Bruno* és *Bernardino Telesio* műveiben sokkal tudományosabb elmélkedések tárgyát képezték. Giordano Bruno főként a *De gl’ Heroici fwori* (Hősi hevületek.)című mű ötödik dialógusában, amelyben Diana és Akteon mítoszát, valamint Apolló haragját írja le, felhívja a figyelmet a Nap mély ellentmondásosságára, éltető erejére, amely ugyanakkor meg is semmisíti az életet. Bár az ember „helitrop” ezt a nevet viseli a *Del la causa, prinápio et Unó* (Az ok, az elv és az Egy) című műve dialógusainak egyik alakja mégsem nézhet a Napba. Csak sötétséget lát, aki a Napba néz.

Bemardino Telesio a *De remin natura* (A természetről) című művében a Napot hasonlóan életadóként jellemzi. A lét

megfogalmazásában azonban két ellentmondó tételt vesz fel: a fény, a világosság, a meleg, a mozgás mellett létezik a „földi elem” a sötétség, a mozdulatlanság, a hideg.

A Nap és a Föld e drámaiságát Campanella élete és munkássága is kifejezi. A börtönben a viselt szenvedései ellenére úja meg *Al Sole* (A Naphoz) című himnuszát. A Nap a természet és az égitestek atyja. Kéri istent, hogy világosítsa meg őt, bár az emberek elrabolták tőle a Nap világosságát. Úgy álmodik az emberek jövendő államáról, mint a *Napvárosról.*

De milyen vonatkozásban és milyen értelemben tartozik az ember a *Napvároshoz,* és a Föld árnyai milyen vonatkozásban és milyen értelemben alkotják az ember királyságát?

Az emberi sors dialektikáját a reneszánsz írói éppen abban látták, hogy a napos lét az ember teljesíthetetlen vágya. A sötétségben és a hidegben vágyakozik a Nap után, de ha a Napba néz, sötétséget lát és ha közel juthatna hozzá, elégne tüzétől. Mert az ember nem Főnix, ahogy azt *Michelangelo* is észrevette, aki elpusztult a Napban, de a Nap segítségével újjá is született.

Ha elfogadjuk azt a nézetet, hogy Kopernikusz inkább a Napot állította meg, mint a Földet mozgásba hozta, akkor megértjük elmélete különös sorsát a történelem során. Az emberiség történetében ugyanis elsősorban az a nézet vált óriási jelentőségűvé, hogy kimozdította a Földet kiváltságos helyzetéből és mint a csillagok egyikét, keringésre kényszerítette a világmindenségben. Hiszen minden viszály éppen azokból a kijelentésekből származott, amelyeket Kopernikusz a Földről és nem a Napról mondott.

Miért történt ez így? Valószínűleg nemcsak azért, mert a kopernikuszi elmélet szigorú matematikai megfontolások áradata fölött végighúzódó filozófiai és költői látomás volt. Bizonyára azért is, mert ez az elmélet zárt világ létezését hirdette, amelyben a Nap uralkodik. Éppen ezért ez az antik és középkori hagyományokhoz kapcsolódó felfogás nem maradhatott fenn sokáig.

A történelem folyamán ritkán kerül olyan mély ellentmondásba az ember nagysága és műve, valamint annak történelmi jelentősége, mint Kopernikusz esetében. Századokon át egészen a mai napig az emberek tudatában úgy élt, mint aki megmozdította a Földet. Éppen ezért egyesek harcoltak ellene, mások pedig dicsőítették. Ő maga meg volt arról győződve, hogy rendszere megállította és a világ középpontjává tette a Napot. Ez az eszme azonban Kopernikusz halála után hamarosan letűnt. Hívei ugyanis a megkezdett vizsgálatok nyomán haladva, arra a következtetésre jutottak mint Giordano Bruno is hogy a világ végtelen. Ebben a végtelen világban a Nap megszűnt a világ középpontja lenni; minden szétáradt a végtelen kozmikus térben.

Éppen ezért a kopernikuszi eszme a további fejlődés során inkább a világ végtelenségéhez kapcsolódik, mint a világ középpontjában elhelyezett Nap mozdulatlanságának feltevéséhez. A Földet tehát kimozdította a nyugalmi állapotából és kiváltságos helyzetéből, de a Nap nem lett a „világ lámpása”, amely a világegyetem középpontjában világít.

Négy évszázad választ el bennünket attól az időtől, amikor a lengyel csillagász a fromborki toronyból tekintetét a csillagos égre vetette. Műszerei primitívek voltak, a tekintélyek és hagyományok pedig gátolták a megfigyelések magyarázatát. Rendkívül nehéz körülmények között jutott el az igazsághoz, amely az emberek között aggodalmat és nyugtalanságot keltett. Nehéz volt mint maga is vallotta és csaknem hihetetlen, mivel szembehelyezkedett az általánosan elfogadott nézetekkel.

Ma, a tökéletes teleszkópok és az űrrepülések korában már mélyen behatoltunk a végtelen és titokzatos világmindenségbe! Gyökeresen megváltozott az emberek társadalmi élete, az emberiség nagy része fáradozik a hajdani *Napváros* eszméjével jelképezett boldog élet megteremtésén itt a Földön!

Ma már nagyon messze jutottunk attól az embertől, aki megmozdította a Földet mégis állandóan azt kérdezzük nyugtalansággal és reménnyel telve mint akkor, mi valójában az emberi élet napja? Továbbra sem tudjuk, hogy az ember olyan lénye, aki a Napban született és a Nap felé fordul, vagy királysága az

éjszaka árnyai és hidege, amely látni engedi a csillagokat?

URAT ADMINISTRATOR EPISCOPÍAE.

VJTA INCOLUMJ ...

A püspökség jószágkormányzója volt. Feddhetetlen életű.

EDWARD LIPINSKI

NICOLAUS KOPERNIKUSZ, A KÖZGAZDÁSZ

A XVI. század kezdetén Európában a feudális termelés keretei között egyre jobban megerősödtek az új kapitalista viszonyok. Fejlődtek a termelőerők, kialakult a termelőeszközök kapitalista tulajdonviszonya és a kisárutermelők a városban, sőt még a falun is, részben proletárrá alakultak át. Egyre jobban felbomlott a naturális gazdálkodás, a termék áru lett, általánossá vált a pénzgazdálkodás, megnőtt a belső piac jelentősége, eltűntek a városok, kerületek, körzetek régi gazdasági elszigeteltségének maradványai. A bel- és külkereskedelem növekedése összefüggött a termelőerők fejlődésével és a társadalmi munkamegosztás növekedésével, az ipari termelés feudális formáinak felbomlásával, továbbá a mezőgazdasági árutermelés megnövekedésével. Áttértek az árutermelésre, vagyis nemcsak saját szükségleteikre termeltek, hanem attól többet, és a felesleget piacon eladták.

Erősödött és kiszélesedett a világpiac. A kapitalista termelés kifejlődése megváltoztatta a nemzetközi kereskedelem területét. A világpiacon már nemcsak fényűzési cikkeket, például keleti fűszereket, posztót, bőrt, szőrmét hoztak forgalomba, hanem mind több gabonát, fát és vasat is. A kereskedők által felhalmozott pénz tőke lett. A belső piac fejlődése ellenére az akkori kereskedelem elsősorban külföldre irányult. Ez magyarázza, hogy az akkori idők közgazdasági gondolkodása miért helyezett olyan nagy súlyt a pénzre és a külkereskedelemre. Megszületett a bullionizmus, vagyis az az irányzat, amelyet Marx monetárrendszemek nevezett. Megjelentek az első elképzelések a „nemzeti gazdálkodás”-ról, ez a fogalom a középkori gondolkodásban ismeretlen volt. Kialakultak az első fogalmak az ország gazdagságáról, a nemzeti gazdálkodásról és a nemzet közgazdasági politikáról; de ugyanakkor a középkori

skolasztikus gondolkodás uralkodott tovább. Az ország gazdagságának alapja az vallották -, ha sok aranya és ezüstje van, aranyat és ezüstöt pedig a külföldre vitt áruért lehet kapni. Az arany és az ezüst a gazdagság, mivel állandó, változatlanul egyetemes formában fejezi ki a bőséget, a felesleget, a többletet, amit nem fogyasztottak el. Az arany és az ezüst anyagi kifejezője lett egy mind jelentősebbé váló fogalomnak: a felhalmozásnak, a takarékoskodásnak.

A nemzetközi kereskedelem fejlődése megteremtette a „jó pénz” követelményét és ez most döntő fontosságúvá vált. A feudális kincstári pénzgyakorlat akadályozta a termelőerők fejlődését. Ebből az összeütközésből új közgazdasági elméletek születtek.

Nem csoda, hogy a jó pénz elméletének megfogalmazója Kopernikusz lett; az a tudós, aki megbirkózott a pénz kincstári feudális értelmezésével, aki a kérdést tisztán közgazdasági szempontból, tehát objektív törvénynek alávetve mérlegelte. A XVI. században Európában a balti-tengeri kereskedelem jelentősebb volt, mint az új gyarmatokkal folytatott kereskedelem, a balti útvonal pedig a nemzetközi kereskedelem rendkívül fontos útvonala volt. Gdansk kereskedelmi központ volt, oda szállították elsősorban Lengyelországon keresztül a világpiacra szánt nyersanyagokat. Ez magyarázza meg, hogy miért éppen Lengyelországban született meg a modern pénzelmélet. Kétségtelen, hogy Kopernikusz tanulmánya az első olyan értekezés, amely az új idők kezdetét jelzi, és túllép a középkori feudális gondolkodás határain.

Kopernikusz jó pénzt ajánlott, és hangsúlyozta, hogy bevezetésével nő az állam gazdagsága, még akkor is, ha néhányan nyilvánvaló átmeneti veszteséget szenvednek a reformok következtében. Kopernikusz tanulmányával hadat üzent a régi, megszokott, túlhaladott, más korszak gazdagságát kifejező nézeteknek. A pénzreformról hirdetett elképzelései nem voltak népszerűek és nem találtak elismerésre, mivel kategorikusan ellenezte az érmeverési jog túlzott mértékű, kincstári és magán célokra való felhasználását. Néhány évszázad óta, bár már ismerték azt az elvet, hogy a pénz vásárlóerejének változatlannak kell lennie, és az érmeverést nem szabad az uralkodó jövedelmi forrásaként kezelni, a fennálló gyakorlat teljesen más volt. A legtöbb állam ugyanis rontotta a

pénzt. A mindennapos gyakorlathoz tartozott, hogy csökkentették az ezüst tartalmát az érmében a névleges érték megtartása mellett. A kereskedelem és a csere szükségleteit az uralkodó a kincstári szükségletek alá rendelte.

A pénzverésből származó nyereségek különbözőek lehettek. Mindenekelőtt azon alapultak, hogy az érme névleges értéke több volt, mint fémértéke. A XV. században például a bécsi pénzverdében a nyereség a fémérték 13,1%-át tette ki, ebből 7,7% esett a verés tényleges költségeire, körülbelül 5%-ot ért el a pénzverdével összeköttetésben álló személyek nyeresége, s csak 0,4%-ot kapott az uralkodó.[1]

A legnagyobb nyereséget a pénzverésből a pénzverdék haszonbérlői és tisztviselői húzták. A primitív technika lehetetlenné tette a hatékony ellenőrzést. Az 1526-ból származó lengyel intézkedések előírták, hogy az érme beolvasztásánál és az ezüst tisztításánál keletkező veszteségeket meg kell téríteni a pénzverőmesternek. Különösen nagy veszteségek keletkeztek az úgynevezett pagamentek, a régi érmék, ezüst tárgyak, hulladékok beolvasztásakor (az ezüstöt meg kellett tisztítani az idegen anyagoktól). A kincstár fedezte a szerszámok költségeit. Ezenkívül a kincstárnokot hetente 10 egység illette meg; a pénzverőmester 8 egység fizetést és haszonvétel címén 2 aranyat, a vert érmék munkadíjaként minden egység után 2-2 garast kapott; két írnok hetente 1-1 aranyat és 12 garast, a gnieznói püspök és a krakkói vajda pénzpróba részesedésként 25 egységet kapott negyedévenként. A kincstárnok, a pénzverőmester és a kiváltságos személyek az érmeverésen meggazdagodtak. *Sombart* leírja az érmeverésből származó privát vagyonokat.[2]

Az érmekészítés abban az időben igen drága volt. Már maga az ezüst finomítása is nagyon költséges volt, tekintve az amalgámozáshoz felhasznált anyagok magas árát és a meglehetősen nagy fémveszteséget okozó beolvasztás jelentős költségeit. A pecsétet egyenként ütötték ki minden egyes érmén.[3]

A verés tiszta költségeit („munkáért és egyéb költségekért”) *Decjusz* (Ludwik Jost Jodocus Decjusz lengyel humanista történetíró.)10 aranyonként 24 garasra, azaz 8%-ra becsüli; az érme fémértéke és névleges értéke közötti különbség 30%-ig terjedt. A legnagyobb

nyereségek azonban a régi érmék forgalomból való kivonásából és alacsonyabb árfolyamon való felvásárlásából származtak. Ez tulajdonképpen az állampolgárok pénzbeli vagyonának részleges elkobzását jelentette. Ismeretesek a francia királyok IV. vagy

Szép Fülöppel kezdődő fondorlatos pénzrontásai. Franciaországban elfogadták azt az elvet, hogy a livre-t változatlan értékegységnek tekintik, függetlenül tényleges fémértékétől. Pénzrendeletekben betiltották, hogy súlyegységekben kössenek szerződéseket mondván, hogy a pénz erő és nem anyag *(pecunia vis est non est matéria),* és az államtól veszi a kötelezettségek alóli felmentés erejét.

A pénzrontás vagy pénzjavítás célja az volt, hogy biztosítsa a pénzcsere „jogá"-ból vagy az érmeverés fejedelmi jogából hasznot húzó uralkodó vagy feudális csoportok jövedelmét. A pénz-nominalizmus (Olyan közgazdasági elmélet, amely szerint a pénznek csak névleges értéke van.) a szüntelen pénzmanipulációkkal együtt a csere fejlődésének mértékében egyre nagyobb akadályt jelentett a termelőerők fejlődése számára. Ezért mind a pénzügyi dominializmus (amely a pénzverést kincstári jövedelemforrásnak tekintette), mind a nominalizmus elleni harc haladó volt, amely elősegítette a termelőerők fejlődéséhez kedvező feltételek megteremtését.

Kopernikusz pénztanulmányában felülmúlta az e tárgyról író összes kortársát rendkívül logikus és reális gondolatmenetével. Az első közgazdásznak kell tekintenünk, aki szabatosan megfogalmazta a pénzforgalom Gresham-tétel (Sir Thomas Gresham (1519-1579) angol kereskedő és bankár, a londoni tőzsde megalapítója.) néven ismert törvényét. E törvény kimondja, ha a forgalomban azonos elnevezésű, tehát azonos névleges értékű, de nem azonos tiszta fém(például ezüst-) tartalmú érmék vannak, akkor a jobb, a nehezebb, a nagyobb tiszta fémtartalmú érmék eltűnnek a forgalomból, mert beolvasztják, külföldre viszik vagy tezaurálják azokat. Úgy tartják, hogy Kopernikusz teremtette meg a mennyiségi pénzelméletet is, amely szerint a pénz vásárlóerejét a forgó pénz mennyiségének és a forgalomban levő áru mennyiségének viszonya adja meg. Kétségtelen, hogy elsőként Kopernikusz figyelt fel a túl nagyszámú érme negatív hatására, de ennek nem volt semmi kapcsolata a szigorúan értelmezett mennyiségi elmélettel.

Ebben az időben az érme mennyisége még nem képezte vita tárgyát, hiszen nem merültek fel olyan problémák, hogy például a pénzmennyiség növelésével fel lehet-e élénkíteni a gazdasági életet. Az árak inflációs emelkedésének forrása az érmerontás volt. A XV. században és a XVI. század elején csupán egyetlen kérdéssel, az érme fémtartalmával foglalkoztak. Ez jellemezte a pénz belső, valós értékét *(valor intrinsecus),* megkülönböztetésül az érmén kiütött, feliratban is kifejezett névleges értékétől *(valor impositus)*.

A középkorban a pénz dominiális elméletét fogadták el. Az uralkodónak kizárólagos joga volt az érmeverésre, úgy ahogyan a mértékek szabályozására is joga volt. Ebben az időben az állam hatásköre korlátozott volt, a feudális urak nagy területen az állam szerepét töltötték be. Kifejlett adórendszer nem volt, az az elv érvényesült, hogy az uralkodónak csak kivételes esetekben, például háború idején van joga az állampolgárokra adót kivetni. Az adók teljes súlya a parasztokra és a városokra nehezedett, míg az egyház és a világi feudális urak adómentességet élveztek. Az uralkodó fő jövedelmi forrásai: saját földbirtoka, a vámok, az érmeverés (és érmerontás).

A kereskedelem különösen a nemzetközi kereskedelem fejlődése, valamint az árutermelés növekedése a XIII. és a XIV. században felfedi az ellentmondásokat az uralkodó kincstári érdekei és a kereskedelem szükségletei között. A kereskedőknek, akik árukat vettek és eladtak külföldön, érdekük volt, hogy jó pénz legyen, mivel a nemzetközi forgalomban a nagy vásárokon csak azt fogadták el, jóságát pedig tiszta fémtartalma szerint állapították meg.

Ezek alapján most már mind kevésbé helyeselték a kincstári célokat szolgáló pénzverés feudális jogát és a pénzrontás akkor általános gyakorlatát. A középkor alkonyán a pénzprobléma a legfontosabb közgazdasági kérdés lett.

Az árucsere növekvő szerepe előtérbe helyezte azoknak a társadalmi csoportoknak az érdekeit, amelyek ebben a cserében aktívan részt vettek, ebből a cseréből éltek és húztak hasznot. A nagykereskedők gyakran uzsorások is voltak. A pénz értékcsökkenése egyidejűleg mint hitelezőket is érintette őket. A kereskedők érdekei tehát ellentétben álltak az uralkodó kincstári érdekeivel.

Nemcsak a pénzrontás okozott azonban pénzügyi problémát. Az érmék súlyának csökkentése, hamisítása, spekulációs kivonása a forgalomból, beolvasztása, külföldre vitele, mind bonyolították a pénzviszonyokat, és így akadályozták a kereskedelem fejlődését, növelték a kockázatot és bizonytalanságot. De nemcsak a leértékelt érmék feleslege okozott zavart a gazdasági életben, hanem az érmehiány vagy fémhiány is. Szerepet játszottak az arany és az ezüst termelésének ingadozásából származó változások is; az aktív kereskedelmi mérleg nagyobb mennyiségű ércet hozott és elegendő pénzanyag állt rendelkezésre. Passzív kereskedelmi mérleg esetén viszont érmehiány keletkezett, s emiatt pénzhiányra panaszkodtak. Hasonló volt a helyzet, amikor nagy mennyiségű leértékelt pénzt hoztak forgalomba, ekkor a régi jobb és az új, rosszabb érméket együtt használták. A szokásos folyamat játszódott le: a jobb pénzt „kihalászták" a forgalomból, beolvasztották, és ezután kizárólag csak a rossz pénz maradt bent. A kereskedők ismét panaszkodtak, hogy nem jó a pénz a kereskedelmi vállalkozásaikhoz.

Emiatt nemegyszer megtiltották az érc és pénz kivitelét, megtiltották a kereskedők külföldre utazását, a külföldi kereskedők beutazását ellenben elősegítették; tehát a bullionisztikus politika alapját képező tilalmakat hoztak.

Olykor a külföldre való kifizetés megnövelte az ezüstkeresletet. Nőtt az ezüst piaci ára; fokozódott a jobb érmék „kihalászása" és kivitele az országból. Ha a pénzverői ezüst ára változatlan és alacsonyabb volt, mint a piaci ára, akkor a kereskedők nem szállítottak ezüstöt a pénzverdéknek, emiatt azok gyakran hosszú ideig nem működtek. Ilyenkor megerősítették az érc kiviteli tilalmát, e tilalmak azonban természetesen nem lehettek hatásosak.

Ilyen esetekben kisebb tömegű vagy próbájú, rosszabb érméket verhettek csak. Ezt a pénzrontást tehát nem kizárólag kincstári szempontok idézték elő. Ez a folyamat okvetlenül devalvációhoz, a hazai érmék árfolyamának csökkenéséhez is vezetett, ez visszatartotta az érmék külföldre áramlását, ennek következtében az idegen érmék árfolyama nőtt, és a külföldi áruk ára emelkedett.

Úgy látszik, hogy a régi Lengyelországban a XVI. század elején a külkereskedelem aktív mérleget mutatott. Néhány árut, például Moldvából szarvasmarhát, Magyarországról rezet kizárólag csak

azért hoztak be, hogy azután újra exportálják. Lengyelország aktív kereskedelmi mérlegére következtetni lehet abból is, hogy Angliának és Németalföldnek a balti-tengeri országokkal folytatott kereskedelme az előbbi országok számára igen deficites volt.[4] Lengyelországból főleg gabonát, fát, szarvasmarhát, kátrányt exportáltak, és elsősorban posztót importáltak. Érdekes, hogy a krakkói pénzverde 1502-1548 között csaknem 16 éven át működött. Ugyanez vonatkozik a gdanski és a toruni pénzverdékre is. Lehet, hogy ezt az aktív kereskedelmi mérlegnek és az idegen érmék nagymérvű beáramlásának kell tulajdonítani.

Kopernikusz behatóan tanulmányozta a pénzkérdést, de számára a pénz az ország gazdasági és kulturális fejlődésének csupán egyik feltétele volt.

A rossz pénz így gondolkodott tönkreteszi a nemzetközi kereskedelmet, a jó pénz viszont annak virágzásához vezet. Mindemellett nem a külkereskedelem az egyetlen alapja az ország gazdagságának. További megfontolásaiból könnyen kiolvashatjuk, hogy a kereskedelem alapja a termelés fejlesztése, a termelő munka mennyiségének növelése. A pénzreform, a pénzügyi visszaélések megakadályozása, a jó pénz forgalmának biztosítása, a bizonytalanság, a kockázat és a spekuláció csökkentése mind elősegítik a termelés fejlődését, a szorgalom növekedését, a dolgozók számának növekedését, a kultúra és a tudomány virágzását. „Azokban az országokban, amelyekben jó érme van forgalomban, műalkotások, kiváló kézművesek vannak, és az emberek mindenben bővelkednek” mondja Kopernikusz. A rossz érme pedig restséget, lustaságot és tartós tétlenséget szül, hanyatlanak a művészetek és mindenben hiány mutatkozik.

E szavakban nemcsak a gazdag ország leírása foglaltatik benne, de a tudós egész gazdasági elmélete és elemzése is: milyen módon éri el az ország a gazdagságot. Milyen Kopernikusz szerint a gazdag ország? A gazdag országnak műalkotásai, kiváló kézművesei vannak, szorgalmas lakosok népesítik be, nincsenek koldusok és rest emberek, s nem szűkölködnek anyagi javakban. Az ilyen országban virágzik a tudomány, a művészet.

Tudjuk, hogy a reneszánsz korában a termelés a kapitalista termelés is artisztikus jellegű, és elsősorban fényűzési cikkek előállítására

irányult. Ezekkel az egyház, az udvarok és a gazdag emberek szükségleteit elégítették ki. Drága és szép tárgyakat készítettek. A reneszánsz korában Olaszországból, Flandriából és Angliából az értékes posztón kívül drága selymeket, ékszereket, műalkotásokat importáltak. Az elmaradott országok nyersanyagokat, például gyapjút, gabonát, fát, továbbá élelmiszereket és építőanyagokat exportáltak. Kopernikusz a jó pénz követelményeit fejtegetve, a jólétben élő ország ideálját tartotta szem előtt, és azt szerette volna, ha szülőhazája megközelíti ezt az ideált. A XVII. században Németalföld volt a minta, a XVI. században pedig az észak-olasz városokat, főként Velencét választották példaképnek.

Kopernikusz a jó pénzt és nem magát a gazdagságot tekintette a gazdag ország alapfeltételének, mivel a külföldi áruk mindenféle importjának és kereskedelmének az az alapja. Csak jó pénzért lehet külföldi árut vásárolni, rézpénzért nem állította.

Az áruk importját fontosabbnak tartotta az exportnál, így juttatta kifejezésre a lengyel kikötővárosok külön érdekeit. E városok ugyanis gazdagságukat a közvetítő kereskedelemre alapozták. Kopernikusz még nem látta az export és az import kapcsolatát, a pénz megjavítását azért tartotta szükségesnek, hogy a jó érméket külföldi árura lehessen cserélni. Pedig ha ebben az időben a királyi Poroszföldön csak rézpénzt vertek volna, ez sem gátolhatta volna az importot mindaddig, míg a létező export, amelyet aranyban fizettek, fedezte az importot. Kétségtelen, hogy a pénzrontás az országban gátolta a kereskedelmi forgalmat, spekulációkat idézett elő és növelte a kockázatot, de maga a jó érme verésének lehetősége a nemzetközi kereskedelemnek inkább eredménye, mint alapja és előfeltétele.

„A tapasztalat az élet mestere -írta Kopernikusz-, amely arra tanít bennünket, hogy azok az országok, amelyekben jó pénz van, virágoznak, azok az országok pedig, ahol rosszabbat használnak, hanyatlanak és tönkremennek.” A rossz érme ugyanis „restséghez és konok tétlenséghez” vezet.

A rossz és a romló pénz mérhetetlen terhet ró bizonyos társadalmi csoportokra, főleg a földtulajdonosokra és a legszegényebb lakosságra, és tönkreteszi őket. Megöli a lakosság vállalkozási kedvét és a szorgalmát, lehanyatlik a kereskedelem, ez pedig

„mindennek a hiányá”-hoz vezet, mert gyengül a termelés, ennek következményeként pedig a művészeteket és a tudományokat elhanyagolják.

Kopernikusz fenti kijelentései egyúttal óriási jelentőségű dokumentumok, amelyek arról tudósítanak, hogyan képzelte el a nagy tudós a társadalom ideális gazdasági felépítését. Kopernikusz társadalomfelfogása a reneszánsz társadalmi eszméiből nőtt ki. A XV. és a XVI. században az emberiség történelmében új korszak kezdődött: az ipari korszak. A nagy észak-olasz városok, Velence, Genova és Firenze már nem mezőgazdaságból, hanem főleg iparból és kereskedelemből éltek. Velencében, Firenzében és sok más olasz városban virágzott a kézműipar, elsősorban fényűzési cikkeket készítettek: szövetet, brokátot, üvegárut, ezüst- és aranytárgyakat, papírt, könyveket, műtárgyakat. E városok a reneszánsz élet művészeti és tudományos központjai. A reneszánsz ember arisztokratikus életideálját Kopernikusz kortársa, *Castiglione* fogalmazta meg 1514-ben *II libro dél Cortegiano* (Az udvari ember könyve) című művében. Az olasz városok gazdasági és szellemi élete nagy hatással volt Kopernikusz társadalomeszményének kialakulására. A nagy tudós ekkor még az ország gazdagsága fogalom helyett a javak bősége (abundantia rerum) fogalmat használta.

Ezt a kifejezést azonban már a korai skolasztikus filozófia is ismerte, *Aquinói Szent Tamás* is beszél róla (lehet, hogy elsőként). „A társadalomnak, a városnak, a polgárainak Aquinói Szent Tamás szerint a saját területén kell előteremtenie mindazt, ami a lakosság szükségletének kielégítésére nélkülözhetetlen, és ezeknek az áruknak függetlennek kell lenniük a kereskedői importtól. A városban a csere közvetlenül a termelő és a fogyasztó között menjen végbe, kereskedők részvétele az ellátásban kívülről hozott árukkal, csak kivételes esetekben, a helybeli áruk hiánya esetén engedhető meg. A külkereskedelem inkább káros, a városnak önellátónak kell lennie; háború idején autarkia biztosítja az ellátás tartósságát. A kereskedelem elpuhultsághoz vezet, megsemmisíti a családi szokásokat, erkölcstelenséggel mételyez”.[5] Igaz, hogy a kereskedelem nélkülözhetetlen, de azért nem kell túlságosan kifejleszteni. Minden városi társadalom célja, hogy elérje a javak bőségét. A városban munkamegosztás van, egyik szolgálja a

másikat, mindenki együttesen jólétben él.[8]

A középkori város gazdasági létének alapja szűk, a termelőerők fejlettségi foka alacsony, a rendelkezésre álló áru mennyisége jelentéktelen. Inkább áruínség uralkodik. Ennek alapján fejlődik ki a javak bőségének az eszméje. A városnak gondoskodnia kell a lakosságnak elegendő mennyiségű élelmiszerről, a kézműveseknek pedig elegendő nyersanyagról.

A javak bősége elvnek Kopernikusznál már egészen más történelmi tartalma van. A bőség a reneszánszban nemcsak a középkori városban élő embereknek az élethez nélkülözhetetlen tárgyakkal való kielégítő ellátottságát jelenti, hanem teljességet, bizonyos felesleget is kifejez. E felesleg nem annyira élelemre és nyersanyagokra vonatkozik, mint inkább luxuscikkekre, amelyekkel a gazdag emberek, udvarok, városi nemesség szükségleteit kielégíthetik. A termelőerők fejlődésével nő a rendelkezésre álló javak mennyisége, a mezőgazdaság fejlődésével pedig az élelem és a nyersanyag mennyisége. Kopernikusz ennek az új kornak az ideológiáját fejezi ki. Túllép a középkori filozófia nézetein, amikor arról beszél, hogy azokban az országokban, ahol hitvány pénz van, lustaságból, restségből és tétlenségből elhanyagolják a művészeteket, a tudományokat és mindenből kiérződik az ínség. A középkori filozófia is elítéli a lustaságot, a restséget, és a tétlenséget, más céllal teszi azonban ezt. Aquinói Szent Tamás például a fennálló társadalmi rendszer, kötelességek és nemesi előjogok erkölcsi megerősítését és dogmává merevítését akarja ezzel az elvvel elérni. A paraszt és a kézműves legyen szorgalmas és engedelmeskedjék az urának, a lustaság bűn. Kopernikusz nem ilyen okok miatt ítéli el a restséget és a tétlenséget, hanem azért, mert a szorgalom és a vállalkozókedv a termelés növekedéséhez, bőséghez vezet, ez pedig maga után vonja a művészetek és a tudományok felvirágzását. Ezenkívül nemcsak elveti Aquinói Szent Tamás gazdasági önellátására vonatkozó gondolatait, de külön hangsúlyozza is a külkereskedelem fontosságát, és a jó pénz segítségével kívánja a kereskedelem előnyös feltételeit megteremteni.

Minden ókori és középkori író, de még a későbbiek is foglalkoztak a mezőgazdasággal. Ez a fogalom elsősorban nem a szántóföldön

végzett munkát, hanem a föld birtoklását, mint a „legfontosabb és legtiszteletreméltóbb elfoglaltság”-ot jelenti.[7] Kopernikusz egyszer sem emlékezik meg külön a mezőgazdaságról, de hangsúlyozza a „kiváló kézművesek”, a tudományok és a művészetek jelentőségét. A városi, kézműipari, termelői társadalmat tartja ideálisnak, amely a közvetlen termelő termelési törekvéseit helyezi előtérbe. Helyesli a külkereskedelmet a reformáció íróival ellentétben, de a leghatározottabban szembehelyezkedik a spekulációval és a monopolisztikus kizsákmányolással (ez a kenyér árszabályozás rendelkezésből is kitűnik, amelyről a későbbiekben lesz szó).

Kopernikusz „javak bősége” felfogásában, az emberek termelésben való foglalkoztatása elvében, valamint a restség és koldulás elleni küzdelem gondolatában számos új, reneszánsz vonás van. A későbbi merkantil izmus egyik alapvető elve az ország gazdasági jólétének megteremtése (javak bősége), valamint a rendelkezésre álló munkaerő foglalkoztatása (restség megszüntetése). Az angol *John Hales,* aki valószínűleg az egyik első merkantilista tanulmány, az *A Discourse of the Common Weal of this Realin of England* (Értekezés Anglia királyságának általános jólétéről.) (1549) című mű szerzője, kimondja: „az államnak minden eszközt alkalmazni kell, amellyel biztosíthatja a javak nagy bőségét. Ez megköveteli az összes munkaképes ember foglalkoztatását a mezőgazdaságban és a városokban”.[8] Kopernikusz nem hangsúlyozza az állam aktív szerepét a termelésben és az emberek foglalkoztatásában. Csak a pénzügyek rendezését tartja az állam fontos feladatának. A reneszánsz századát követő korszakban megszületik a merkantilizmus és megindul az eredeti tőkefelhalmozódás. A gazdag emberek szükségleteinek kielégítését szolgáló javak bősége helyett a gazdasági terjeszkedés gondolata, és az aktív kereskedelmi mérleg követelménye válik uralkodóvá. Manufaktúrák létesülnek, ahol elsősorban tömegpiacra és nem az udvarok és a paloták szükségleteire dolgoznak. Kopernikusz azonban még nem tartozik ehhez a korszakhoz. Minden tekintetben a reneszánsz embere.

Érdekesek a nagy csillagász társadalmi nézetei, amelyeket a warmiai káptalan jószágkormányzójaként fejtett ki. Ezeket a gyakorlati tevékenységével kapcsolatos dokumentumokból ismerjük.

Az 1531-ben kiadott kenyér árszabályozási rendelkezés *(panis coquendi ratio)* meghatározza a kenyér árát Olsztynban és Warmia más helységeiben. A gabona változó árát kihasználva, a pékek könnyen többletnyereségre tehettek szert. Az árszabás részletesen foglalkozik a gabona és a kenyér súlya és ára arányának kiszámításával. Ez az arány a gabona árától függött. „Ebből pedig az árszabás szerint minden nehézség nélkül megkapható a kenyér igazi, valódi súlya és ára.” A mérésnek pontosnak kell leírni, „mert nem nyereséget, hanem pontos mérést keresünk” *(non mercaturum séd certum modum inquiriims).* A kenyér árának Kopernikusz szerint tartalmaznia kell a gabona beszerzési árát és a pékek munkájának díját; alapvetően tehát a munkától és a költségektől függően kell alakulnia ; nem tartalmazhat különleges nyereséget. Kopernikusznál is fellép az „igazságos ár” (*iustum pretium)* skolasztikus elve, amely tulajdonképpen az érték munka szerinti megfogalmazásának ősi formája. Az „igazságos ár” fogalmát Kopernikusz a skolasztikus erkölcstanból vette át, amely egyúttal a feudalizmus korának politikai gazdaságtana is volt. Ez a tan vallásos formája ellenére az akkor fennálló termelési viszonyokat tükrözte. A fejlődő árutermelés a maga sajátos értéktörvényével megváltoztatja a századokon át állandósult és a hagyományokkal szentesített termelési viszonyokat. Abban az időben, amikor a feudális termelési viszonyok még nem kerültek ellentmondásba a termelőerők fejlettségi szintjével, az volt a cél, hogy az „igazságos ár” valláserkölcsi parancsának szellemében a rohamosan növekvő árutermelés eredményeként keletkező kereskedelmi tőkét fékentartsák. Igazságos árnak nevezi azt az árat, amely fedezi a munka- és költségbefektetést *(labor et expensae).* Ilyen módon próbálták a cserék egyenértékűségét megtartatni, abból a feltevésből kiindulva, hogy a munkabefektetések egyenlősége a csere alapja. Az „igazságos ár” elvét felhasználva akarták megfékezni a különböző túlkapásokat, korlátozni a falu kizsákmányolását a város által, továbbá meggátolni a kézművesek és kiskereskedők visszaéléseit, amelyek alapja „természetes monopóliumuk” volt. Az akkori szállítási és közlekedési lehetőségek mellett ugyanis a helyi piacok egymással igen gyengén voltak összekötve. Ezért a kiskereskedő természetes monopóliummal rendelkezett a fogyasztóval szemben, akinek például sót vagy posztót adott el, s így őt könnyen kizsákmányolhatta, becsaphatta. A teljesen szabad árak meghiúsíthatták volna a gazdasági viszonyok

stabilitását.

Kopernikusz életében e természetes monopóliumot megteremtő körülmények még megvoltak. A piaci folyamatok és a kereslet növekedése ezt a függést csak fokozta, mivel a termelőerők fejlettsége alacsony volt, és a javakkal való ellátottság is elégtelen volt ahhoz, hogy a kézművesek és kiskereskedők monopolista túlerejét megingassa.

Ezzel magyarázható az árszabályozó rendeletek kiadásának szükségessége, ezek igazolják e gyakorlatot. Az igazságos ár elve csak akkor adja át helyét új elvnek, amikor az eredeti tőkefelhalmozódás korszaka teljesen kifejlődik, és a gazdasági elképzelések, valamint a gazdaságpolitikai alapelvek következményeként megjelennek a kereskedelmi és uzsoratőke képviselői. Az új gazdasági ideológia szerint: „igazságos az az ár, amely a piacon alakul ki”, az összes többi árszabás pedig hibás és káros. Ez az elmélet azonban, mivel az eredeti tőkefelhalmozódás kifejezője, csak a XVII. században válik uralkodóvá.

Kopernikusz nemcsak pénzügyi tanaiban szakít teljesen a fogalmak középkori magyarázatával és veti el fenntartás nélkül a pénz feudális-dominiális felfogását, de társadalomeszménye is „mai”, világi. Szakít a skolasztika módszerével, nem idézi, nem hirdeti, nem fontolgatja az egyházatyák gondolatait, hanem kizárólag a tények megfigyelésére támaszkodik, és a megfigyelésekből levonja a gazdasági törvényeket.

A középkori skolasztika nem ismeri a társadalmi termelés, a termelő munka kategóriáját, a jólét fogalmát. A feudális termelési viszonyok a földbirtokokon és a közvetlen termelőknek a földbirtokokon végzett kötelező munkáján alapultak. Az ehhez az alaphoz tartozó vallásos felépítmény megadta a munka, kötelességteljesítés és a szorgalom erkölcsi elvét, de nem oldotta meg a termelő munka problémáját, nem állapította meg a gazdagság forrásait és nem figyelt fel a termelés folyamatának jelentőségére. A munkára kötelezett emberek „munká”-ja, mivel nem volt földjük, nem okozott gazdasági problémát, inkább erkölcsi kérdéseket vetett fel. Ezeket a szorgalom, a kötelességteljesítés stb. parancsában tisztázták. E parancsok célja az volt, hogy védje a fennálló társadalmi rendet. Legfontosabb a lélek üdvözülése, s hogy ezt

elérjük, imádkozni és dolgozni kell. A gazdagság, a vagyon arra szolgál, hogy jót cselekedjünk felebarátunkkal, hogy segítséget nyújtsunk a létfenntartás eszközeitől és forrásaitól megfosztott embereknek. A kiváltságos osztálynak úgy biztosították a gazdagság nyugodt felhasználását, hogy kikiáltották a szegénység ideálját, amely nélkülözhetetlen a lélek megmentésére; ugyanakkor a gazdag embernek kötelessége a „szegények megsegítése".

E kategóriák közül egyet sem találunk meg Kopernikusznál. Sőt éppen ellenkezőleg, amikor a birodalmak, fejedelemségek, államok bukásáról és virágzásáról beszél, a gazdasági kérdéseket helyezi előtérbe, hangsúlyozza a kereskedelem és a külföldi áruk importjának jelentőségét, a művészetek és a „kiváló kézművesek" fontosságát, a szükségletek kielégítését szolgáló „javak bőségét", bemutatja a lustaság, restség káros hatásait, a tudományok és a művészetek elhanyagolását, a nélkülözhetetlen dolgok hiányát is. Kopernikusz nagyra értékeli a külföldi árukkal foglalkozó kereskedőket, de teljesen bizalmatlan a kapzsi kézművessel és a kiskereskedővel szemben.

Kopernikusz kétségtelenül elsőként teremtette meg a modern pénzelméletet, a társadalom gazdasági alapjainak elemzésében azonban nem tarthatjuk őt elsőnek. A termelési folyamatok első, viszonylag rendszeres elemzése *Szent Antal* nevéhez fűződik, aki a XIV. században firenzei püspök volt. Abban a városban élt tehát, amelynek gazdasági léte nem a feudális földtulajdonon, hanem a fejlett, kapitalista módon-szervezett ipari termelésen, a nagy nemzetközi kereskedelmen és a bankügyleteken alapult. Ennek ellenére Szent Antal számára legfontosabb a lélek megváltása volt, ezért a gazdasági kérdéseket a vallással és az erkölcsi parancsokkal szoros összefüggésben vizsgálta.

Talán meg lehet kockáztatni azt az állítást, hogy ha Kopernikusz gazdasági nézeteit a *De Revolutionibushoz* hasonlóan összegyűjtve és rendszerezve közölte volna, a korai kapitalizmus közgazdaságtanának megteremtője lehetett volna, s logikus gondolkodásával, gondolatai eszmei tartalmával a reneszánsz kor gazdasági elemzéseinek első termékeit bizonyára felülmúlta volna.

Kopernikusz naplója ismeretlen volt és ismeretlen is maradt Európában egészen a XIX. századig. Nem nyomatták ki, *Gaspar*

Schütz 1592-ben csupán rövid kivonatát hozta nyilvánosságra *História rerum Pritssicamm* című művében (X. Könyv, 517-520. old.)

A javakban bővelkedő társadalom eszményképét Kopernikusz a megfigyelt konkrét valóság tényeinek gondolati feldolgozása alapján alkotta meg. Kopernikusz nem vetette el, nem tagadta a kibontakozó valóságot; nem a racionális, a lehetséges és elgondolt valóság képét alkotta meg mint kortársa, Morus Tamás *Utópia* című művében. Arra törekedett, hogy felderítse az elérhető és ellenőrizhető társadalom megvalósításának útját. Ésszerűen szervezett társadalmat akart felépíteni a már meglevő elemek kifejlesztésével. Kopernikusz idealizálta a keletkező társadalmat, Morus a racionálisan szervezett társadalom tervét a tagadás, a létező valóság bírálata útján rajzolta meg. Kopernikusz, Morus és Rotterdami Erazmus működésében mégis van valami közös vonás; összekapcsolja őket a közös történelmi alap, az azonos tudományos beállítottság, a gondolatok világiassága és a skolasztikus gondolkodás elvetése.

Minden új társadalmi alakulat átveszi az előző társadalom gazdasági kategóriáinak egy részét. Csupán e kategóriák társadalmi tartalma változik meg. Más volt a iustum pretium elv társadalmi funkciója Aquinói Szent Tamásnál és más Kopernikusznál. A skolasztikában kialakult „igazságos ár” tanának az volt a feladata, hogy megerősítse a feudális bázist, a feudális termelési viszonyokat. A XVI. század közgazdaságtanában a iustum pretium a lakosság nagy tömegeit védelmezte a kapitalizmus térhódításával szemben, abban a korban, amikor a termelőerők fejlettsége alacsony, a néptömegek gazdasági léte ingadozó és bizonytalan volt, a termelés új körülményei (monopólium, piaci spekuláció) pedig gazdaságilag nagy néptömegeket tettek tönkre. A monopólium a fejlődés eredménye volt, mert koncentrálta a termelőerőket, de kialakulásának következményei a termelőerők fejlődésének ebben a szakaszában az egész társadalmat veszélyeztették. A falu védelme a város kizsákmányolása ellen, a fogyasztó védelme a monopolista termelő és kereskedő kizsákmányolása ellen szintén szükséges és haladó volt, ahogyan haladó volt a kapitalizmus fejlődése a városban, ahogyan haladó volt a tőke eredeti felhalmozódása. Ez a történelmi fejlődés dialektikája.

Kopernikusz mindig az egész országot átfogó álláspontot foglalt el, és mindig az egész állam érdekeit hangsúlyozta. Amikor azt javasolta, hogy csak két pénzverdét állítsanak föl az államban: egyet „Ő királyi Fensége földjein, a másodikat a Porosz Herceg vezetése alatt álló területeken”, kikötötte, hogy mindkét pénz királyi irányítás alá tartozzék és azt „Ő királyi Fensége parancsára az egész királyságban elfogadják”, majd hozzátette: „ennek nem csekély fontossága lesz a szándékok összebékítésében és a kereskedelmi viszonyok megkönnyítésében”.

E szavakban nemcsak a belső piac jelentősége tükröződik, de a sok nemzetiségű lengyel állam minden országának érdekeivel törődő Kopernikusz hazaszeretete is.

JEGYZETEK

1. L. von Ebengreuth: *Allgemeine Münzkunde und Geldgeschichte des Mittelalters und dér neueren Zeit.* (A középkor és az újkor általános éremtana és története). München, 1904, 217. old.

2. W. Sombart: *Dér moderne Kapitalismus.* 1925. I. kötet 652. oldaltól.

3. L. von Ebengreuth idézett műve, 221-222. old.

4. Lásd: H. Wílson: *The Economic History Review* Treasure and Trade Blances, The Mercantilist Problcm *(Közgazdaságtudományi Szemle* Kincstári és kereskedelmi mérleg, A kereskedő probléma) 1949. Nr. *1.* 153. old.

5. *De regimine principum.* II. olv. 3. fejezet (a szerzőséget Aquinói Szent Tamásnak tulajdonítják).

6. Schrcibcr: *Die volkswirtschaftlichen Anschauungen dér Scholastik seit Thomas von Aquin* (A skolasztika közgazdasági nézetei Aquinói Szent Tamás óta). Jena 1913. 22. o; 2. jegyzet.

7. Talán csak Rotterdami Erazmus nem ismeri el a mezőgazdaság fölényét és elsőbbségét az összes többi foglalkozással szemben (lásd Roschcr: *Geschichte dér National Oekonomik in Deutschland,*-A nemzeti közgazdaság története Németországban München 1874. 41.

old.). Erazmus megvetéssel beszél a kereskedőkről is: „a legbalgább és a legpiszkosabb üzérkedés a kereskedőké, akik mindennél mocskosabb ügyekben foglalatoskodnak, mégpedig ugyancsak mocskos céllal". *(A balgaság dicsérete*; ford. Kardos Tibor).

8. J. Hales: *A Discourse of the Common Weal of this Realm ofEngland,* Cambridge 1893. 59. és 98. old.

MULTO EXPERTUS EST INIM1COS, QUINIMO ETIAM ET POST MORTEM

A legjobb szakember is lehet ellenség, még halála után is

BARBARA BIENKOWSKA

A HELIOCENTRIKUS RENDSZER KÖRÜLI VITÁK AZ EURÓPAI KULTÚRÁBAN

Minden kornak megvannak a nagy problémái, minden életerős kultúrának megvannak a nagy vitái. Minden új és igaz elmélet átmegy a közömbösség, a felháborodás, a kételkedés, a felfedezés és hangos propaganda szakaszán, s amikor végül teljesen elfogadják, az alapigazságok rendszerébe beleilleszkedve annyira természetessé válik, hogy már csaknem banálisnak tűnik. Kevés forradalmi tudományos elmélet keltett azonban olyan vitákat, amelyek saját koruk problémáivá váltak. Ilyen elmélet volt a heliocentrikus rendszer.

A XVI. és XVII. század fordulóján az európai szellemi kultúra ellentmondásai a heliocentrikus felfogás hosszú és viharos vitáiban mint varázsgömbben összpontosultak.

Elfogadása nemcsak az alapvető tudományos és ideológiai alapfogalmaknak, de a legáltalánosabb elképzeléseknek is teljes átértékelését követelte meg. Nehéz és felelősségteljes döntés hárult tehát kezdetben csak a csillagászokra, hamarosan azonban az európai kultúra megteremtőinek és befogadóinak egész nemzedékére is.

A heliocentrikus elmélet a középkori világkép három alapkövet támadta: a bibliát, az arisztotelészi rendszert és a közvetlen érzéki

tapasztalatot.

A legnehezebben a heliocentrikus rendszer alapelve, a Föld mozgása és a szentírás néhány részlete közötti ellentmondást tudták legyőzni.

A legvitásabb és a legtöbbet idézett szöveg Józsué könyve 10. részének 12-14. verse volt, amely szerint az Úr Józsué kérésére megállította a Napot, hogy az izraeliták győzelmet arathassanak az emoreusok felett. A Prédikátor könyve

1. részének 4-5. versében Salamon azt írja, hogy „a föld pedig mindörökké megmarad. És a nap feltámad, és elnyugszik a nap; és az ő helyére siet, a hol ő ismét feltámad". A 93. zsoltár 1. verse és a 96. zsoltár 10. verse: Isten „megerősítette a földet is, hogy meg ne induljon"; a 104. zsoltár 5. versében pedig arról van szó, hogy „Ő (Isten) fundálta a földet az ő oszlopain, nem mozdul az meg soha örökké". Végül Ézsaiás próféta könyvében a 38. rész 8. versében a következők állnak: „imé, visszatéríteni (Isten) az árnyékot, azokon a fokokon, a melyeken az Akház napóráján a nap már átvonult, tíz fokkal".

A biblia fenti (és más hasonló) részleteinek szó szerinti értelmezésében az ellentmondás teljesen nyilvánvaló volt. A szentírás hatalmas tekintélye miatt az emberek tudatában nemcsak az a gondolat nem merült fel, hogy a Föld mozgásáról vitatkozzanak, de magának a mozgásnak a gondolata sem. Ezen az alapon ítélték el a heliocentrikus rendszert mint istenkáromlást a reformáció vezetői *(Luther és Meíanchton)* még korábban, mint a katolikus egyház képviselői.

Az új elmélet tudományos értékei azonban egyre jobban bebizonyosodtak, s lehetetlenné tették, hogy állításait vita nélkül elvessék; ezért a tudósok akik túlnyomóan mélységesen hivő emberek voltak keresni kezdték a két igazság: a tudományos és a kinyilatkoztatott igazság összebékítésének lehetőségét. Ilyen kiindulás lehetett volna (és valóban az idő múlásával az is lett) a szentírás allegorikus magyarázata. Ennek az irányzatnak a hívei Szent Ágostonra hivatkozva azt állították, hogy a biblia írói egyszerűen és köznapi módon fejezték ki magukat, az egyszerű emberek elképzeléseinek megfelelően, hiszen azokhoz intézték

szavaikat. Céljuk az volt, hogy az egyszerű emberek megértsék őket, és a köznapi dolgokról hitelt érdemlően beszélve bizalmat keltsenek a hit és erkölcs fontosabb tételeiben. A bibliában az égboltról úgy beszélnek, ahogyan látszik, és nem úgy, ahogyan a valóságban van. „A szentírás azt mondja meg, hogyan jutunk az égbe, és nem azt, hogy hogyan mérik.” „A szentírás kereszténnyé akatja tenni az embereket, nem csillagászokká.” Ezek a tömör mondatok gyakran tűnnek fel a heliocentrikus elmélet híveinek érvelésében a XVI., XVII., sőt még a XVIII. században is.

A biblia allegorikus, átvitt értelmű magyarázatának két alapvető változata van. Arra törekedtek, hogy a biblia ismert részeit különböző, sokszor bonyolult módon, mesterkélten értelmezzék, és megindokolják elképzelésüket, amely szerint annak kijelentései mélyebb, metaforikus értelemben éppen a heliocentrikus elmélet mellett szólnak vagy legalábbis nem állnak azzal ellentétben. Készségesen idéztek olyan részeket is, amelyek szó szerint véve ellentmondtak Ptolemaiosz elméletének. Magától értetődően sokkal önállóbb volt a másik változat. Ez részben azon alapult, hogy a bibliát ne tekintsék illetékes forrásnak tudományos kérdésekben, mivel azokról csak felületesen, az egyszerű nép számára érthetően beszél; másrészt annak elfogadásán alapult, hogy a biblia egyik megfogalmazását sem lehet érvként figyelembe venni sem a heliocentrikus rendszer ellen, sem mellette, ugyanis nincs tudományos bizonyító értékük.

A szentírás allegorikus magyarázatának Szent Ágoston-féle koncepciója, amely elősegítette a tudomány haladását, és amelyet a XVI. században *Oresme* fejlesztett tovább, igen közel állt Kopernikusz nézeteihez. Kopernikusz III. Pál pápához intézett ajánlásában megerősítette, hogy számol azokkal a támadásokkal, amelyek heliocentrikus elméletét érik olyan emberek részéről, akik a biblia bizonyos „e célra rosszul alkalmazott” *(tnale od stiiwi propositum detortum)* részére fognak hivatkozni. Tudta, hogy elmélete ellentétben áll a biblia néhány részletének betű szerinti magyarázatával, ugyanakkor meg volt győződve azok allegorikus értelmezésének helyességéről. Ezt az elvet követte később *Wriqht, Galilei, Foscarini* és sok más heliocentrikus nézetet valló tudós. Ha a keresztény egyház a XVII. század elején elfogadta volna a szentírás Európa művelődési központjaiban elterjedt allegorikus

magyarázatának eszméjét, a vita nem éleződött volna ki annyira. A katolikus egyház azonban 1616-tól teljes tekintélyével védelmezte a szentírás betű szerinti magyarázatát. A nem vitatható tények nyomására 1757-ben *XIV. Benedek* pápa dekrétumban mérsékelte az egyház álláspontjának merevségét, de a biblia „tudományos” részei allegorikus értelmezésének gondolatát csak *XIII. Leó* pápa ismerte el 1897-ben a katolikus egyház hivatalos doktrínájának.

Ily módon több mint 200 éven át rendkívül nehéz, csaknem lehetetlen volt a katolikusok számára a tudományos vívmányokat az egyház tanaival összehangolni. Az 1620. és 1633. években kiadott dekrétumok ugyanis a tiltott művek listájára tették nemcsak Kopernikusz művét, de az összes többi heliocentrikus elméleten alapuló munkát is, pedig akkor már nehéz volt (s az idő múlásával egyre nehezebb lett) geocentrikus alapelveken alapuló komoly csillagászati művet találni.

A protestáns egyházak képviselői a XVI. és a XVII. század elején szintén ellenezték a szentírás allegorikus értelmezését. Ellenkezésük ugyanolyan heves volt, mint a katolikusoké, de kevésbé hivatalosan és kisebb tekintéllyel jutott kifejezésre; viszonylag gyorsabban le is győzték a különböző vallások felvilágosultabb teológusai.

A pravoszláv egyház ismert konzervativizmusa következtében a legkésőbben, csak a XVIII. század első felében lépett fel a heliocentrikus felfogás ellen (korábban soha fel sem merült hatáskörében ez a probléma), de a legagresszívebben. A kései akciónak azonban már nem lehetett nagyobb jelentősége.

Ebben az ellentétekkel teli helyzetben a legcélravezetőbb megoldás a kompromisszum volt, akár őszintén, akár színleg, hipotézisként fogadják el a heliocentrikus rendszert. Ez lehetővé tette népszerűsítését és tökéletesítését, de ugyanakkor nem vezetett nyílt összeütközésre a teológusok és a józan ész védelmezői között.

A heliocentrikus elmélet hipotetikus változatát (Osiander névtelenül kinyomott előszavába becsúsztatva, és így azt a látszatot keltve, hogy Kopernikusztól származik), a *De Revolutionibus* 1543-ban kinyomott első kiadásához csatolták, és változtatás nélkül megismételték az 1566. és az 1617. évi kiadásokban.

Osiander előszavában új hipotézisként mutatta be Kopernikusz elméletét, amely önkényes, de nagyon hasznos és csodálatra méltó matematikai összefüggés, mert érthető és a helyes megfigyelések egész tárházához kapcsolódik. Osiander tehát Kopernikusz művéhez olyan akkoriban szokásos előszót csatolt, mint amilyent minden korabeli csillagászati kézikönyv közreadott. Ez a hipotéziseket olyan elméleti feltevésekként határozta meg, amelyek segítségével a csillagászok megkísérlik az égi jelenségek és saját megfigyeléseik megokolását abból a célból, hogy azokat maguk is értelmezni, majd tanítványaiknak magyarázni tudják. A tökéletesebb hipotézisek egyszerűbben magyarázzák az égitestek mozgásait és megkönnyítik a számolást (calculus), de nem kell keresni bennük a valóság, sőt még a valószínűség tükrét sem.

Kopernikusz számára teljesen idegen volt ez az általánosan elfogadott és Osiander előszavában is kifejezésre juttatott nézet, hogy a heliocentrikus elmélet csupán a világmindenség felépítéséről alkotott sok hipotézis egyike, s hogy a csillagászat tudománya képtelen megismerni és értelmezni a világmindenség törvényeit.

Kopernikusz a *De Revolutionibusnak* III. Pál pápához intézett ajánlásában ezt ki is fejtette, de még határozottabban megmagyarázta ezt abban az eredeti előszóban, amelyet az előző kiadásokból kihagytak, s csak a varsói, 1854. évi kiadásban tettek közzé. Ezt írja benne: *„Porro divina haec magis quam humana sáentia, quae de rebus altissimis inquirit, non caret difficultatibus, praesertim quod circa eius principia et assuinptibus, quas Graeci hypotheses vocant, plerosque discordes fuisse videamus, qui ea tractaturi aggressi sutit, ac proinde non eisdetn rationibus innixos.”* (Ez az inkább isteni, mint emberi tudomány, amely a legfenségesebb dolgokban mélyed el, nehézségektől sem mentes, főként, ha azt látjuk, hogy az emberek, akik ennek műveléséhez fogtak, legnagyobb részben egymással sem egyeztek, ami a feltevéseket illeti, amelyet görögül hipotéziseknek neveznek, és ezért nem támaszkodtak ugyanazon alapelvekre.)

Mindamellett a csillagászat tudományára és szerepére vonatkozó akkori összes nézet döntötte el, hogy a későbbi irodalomban a hipotézis csak önkényes, a valóságban nem igazolt elképzelést jelöl.

A heliocentrikus rendszer hipotetikus felfogásának, bár ellentétben állt Kopernikusz meggyőződésével, körülbelül a XVII. század

derekáig, amíg igazságát fizikai úton be nem bizonyították, megvolt a maga tudományos megalapozottsága. A XVII. század 90-és éveitől kezdve, amikor meggyőző fizikai érvekkel igazolták az új rendszer állításait, az ilyesfajta beállításnak csak ideológiai jelentősége volt (a biblia kitételeivel való ellentmondás jogcímén, amelyet a hipotézis ellenségei támogattak, s a legnagyobb tekintélyek erősítettek meg).

Kopernikusz elméletének hipotézissé való lefokozása azonban lehetővé tette e felfogás fő elveinek népszerűsítését, ami fontos szerepet játszott 1616 után az iskolai gyakorlatban, s amellett az elkövetkező időkben lényegesen megkönnyítette az új kozmológia elismerését.

Arisztotelész Aquinói Szent Tamás hagyományos, középkorból származó világképe az emberekkel foglalkozó tudomány rendszerének szerves részét képezte. Ez a rendszer bizonyos általános elveket átvett a teológiából, így például Isten megteremtette az eget és a Földet, az eget mozgásba hozta, a Földet nyugalomban hagyta. A filozófusok feladata volt, hogy megmagyarázzák az ég mozgásának mechanizmusát, az ég rendszerét és a Föld helyét e rendszerben. Az ég rendszerét szentté tette Isten székhelye, ami e rendszer legmagasabb pontján helyezkedik el. Az égi mechanizmust az arisztotelészi törvények irányították. A világmindenség középpontjában helyezkedett el a nehéz és mozdulatlan Föld, legközelebb volt hozzá a Hold „ege" (caelum), távolabb volt a Merkúr, Venus, Nap, Mars, Jupiter és a Saturnus „ege", az égbolt „ege" az állócsillagokkal, a „kristály ég", az ősi mozgás (primum mobile) „ege" és végül az Úr „Ege" Isten, a szentek és az üdvözültek székhelye. Az „egek" természetesen körök, amelyek mentén az egyes bolygóknak egyenletes mozgással kellett keringeniük. A legnagyobb sebességgel a primum mobile mozgott, ez hatott a többi szféra mozgására. A szférák áttetsző, de áthatolhatatlan, valódi „kristály sorompók" voltak. Az eszményi égi tér változatlan és tiszta volt, a gyatra és tűnő földi térrel szemben. Az ilyen világképből nyilvánvaló világnézeti következtetéseket lehetett levonni.

A világ ilyenfajta felfogásának hatóerejét növelte még az a tény is, hogy minden ember érzéki tapasztalatával megegyezett. „Szemünk

tanúsítja, hogy az ég forog” érvelt felháborodva Luther Márton. A Föld forgása, mivel lakói nem érzik, a józan ész számára teljes képtelenség volt. Hiszen mindenki a Föld rögzített voltát, központi helyzetét, és az égitestek keringését érzékelte. A magasba nézve bárki megcsodálhatta szépségüket, tökéletességüket, állandóságukat. E rendszerben mindenki ismerte nemcsak a Föld, de az ég, a pokol és a purgatórium helyét is. Ugyanekkor a kopernikuszi feltevés elvetette az egész addig jól elrendezett tudományt, tagadta a fizika látszatra örök törvényeit, ellentétben állt a tapasztalattal és a józan ésszel, és mi több, ellentmondott a szentírásnak is. Így értékelte jelentőségét a Bíborosok Kongregációjának 1616. február 24-én kiadott nyilatkozata is, amely megállapította, hogy a központi helyzetű és mozdulatlan Napról szóló nézet „őrült és abszurd”. E nyilatkozatot követte a tiltott könyvek jegyzékét összeállító Index-Kongregáció 1616. március 3-án kelt dekrétuma, amely megtiltotta a katolikusoknak Kopernikusz művének olvasását mindaddig, amíg a heliocentrikus elméletet hipotézisnek nyilvánító helyesbítéssel nem egészítik ki.

A *De Revolutionibusban* 1543-ban kifejtett kopernikuszi felfogás nem megoldotta, hanem teremtette az új matematikai, fizikai, módszertani és mindenekelőtt ideológiai problémákat, ezért szabta meg a kor kutatási irányát, és ezért váltott ki olyan indokolt és hosszan tartó vitákat.

A *De Revolutioriibusta* igen hamar felfigyeltek. A mű nemcsak a csillagászszakemberek, hanem a történészek, bibliográfusok, biográfusok körében is érdeklődést keltett. Véleményük és nyilatkozataik, amelyek Kopernikusz nagyságának hírét sok országon át szétvitték, egyúttal arról is tanúskodtak, hogy a lengyel csillagász életét és művét alaposan ismerték. Már néhány évvel a *De Revolutionibtis* kinyomtatása után Kopernikuszt általánosan minden idők egyik legnagyobb tudósának tartották, és ez a vélemény változatlanul fennmaradt attól függetlenül, hogy a heliocentrikus elméletről miként vélekedtek. Kopernikuszra és művére nemcsak a szakirodalomban találhatók utalások, hanem az egyetemes történelem akkoriban igen elterjedt és igen olvasott kronológiáiban, híres emberek portréiban, közmondások gyűjteményeiben és bibliográfiákban (pl.Konrad Gesner híres *Bibliotlieca universalisábm,* Zürich, 1545) is. Kopernikuszt e művekben a csillagászat

megújítójaként, kitűnő matematikusként és feddhetetlen jellemű, régi lengyel tudósként jellemezték. Néhány tájékoztató kiadványban megjelent a heliocentrikus elmélet alapelvének rövid és tárgyilagos leírása is (például P. Opmeer *Opus chrotjfographictim,* Antwerpen, 1617). E korai időszakban azonban a heliocentrikus elmélet még nem játszott nagyobb szerepet a tudományos köztudatban. Sőt még a csillagászok túlnyomó többsége számára is fontosabbak voltak a pontos megfigyelések és a számítások, amelyek azonnal nagy megbecsülést szereztek Kopernikusznak, mint a kockázatos, gyakran csak jelentéktelen furcsaságnak tűnő napelmélet. Elfogadták tehát a csillagász számításait, de elhallgatták azok általános alapjait. Így járt el például *E. Reinhold* is, aki 1551-ben a *De Revolutionibus* alapján elkészítette a maga korában kitűnő és népszerű *Porosz táblázatait,* amelyekben a heliocentrikus rendszerről még csak említést sem tett.

Még elég sokáig ez volt a helyzet a csillagászati gyakorlatban. Néhány tudós és csillagász, tökéletesítve a tudományos vizsgálatokat, már nem tudott kiigazodni a Ptolemaioszi geocentrikus elmélet ellentmondásain, amelyeket még *Tycho Brahe* (1546-1601) kompromisszumos rendszere sem tudott megoldani. Ezért saját vizsgálataik kiindulási pontjaként elfogadták a heliocentrikus felfogást, és kiváló eredményeket értek el. Hozzákezdtek tehát az alaptételek magyarázatához és az eredmények népszerűsítéséhez. Ilyen tanulmányt közölt 1576-ban *Thomas Digges* (?—1595) angol csillagász *Perfit description of the caclcstial orbes* (Az égi pályák tökéletes leírása) címmel. A rendkívül kedvelt műnek 1605-ig hat kiadása jelent meg. A szerző bemutatta és védelmezte a kopernikuszi heliocentrikus rendszert, amelyet a természeti valóság képének tekintett.

A tudományos viták folyamán döntő jelentőségű volt *Kepler* (1571-1630) ismert munkássága, aki csillagászatát Kopernikusz hipotéziseire építette fel (és ezt műveiben nyomatékosan hangsúlyozta is); valamint *Galilei* (1564-1642) kutatói és népszerűsítő tevékenysége, amely szorosan kapcsolódott Kopernikusz elméletéhez. Kepler és Galilei művei nagyon súlyos tudományos érvek voltak az új felfogás mellett, amely ettől kezdve nem az egyik, hanem az egyetlen lehetőség lett a csillagászat további fejlődése számára. Kompromisszumos rendszereket is

alkottak, de nem tudományos, hanem oktatási célokra *(Riccioli, Longomontanus)*. Ezeknek az ideológiai meggondolásokból származó próbálkozásoknak az volt a feladata, hogy összeegyeztessék a központi helyzetű és mozdulatlan Föld koncepcióját az új csillagászat eredményeivel.

E kompromisszumos rendszereket a XVIII. század közepéig, de még talán tovább is, az oktatásban alkalmazták, mivel a vallási tilalmak miatt nem terjeszthették a kopernikuszi elméletet.

A csillagászokkal egyidejűleg, néhány költő és gondolkodó is érdeklődött az új hipotézis iránt, és bámulatba ejtette őket annak újszerűsége, valószínűtlensége és filozófiai következményei. A matematikailag képzetlen, de fogékony és nagy fantáziájú embereket Kopernikusz elmélete megijesztette a maga képtelenségével. Ezért főleg a „józan ész” érveivel támadták, amelyek különösen jól megfeleltek a csillagászatban járatlan emberek meggyőződésének, és amelyeket még hosszú évek múlva is ismételgettek az iskolákban, hiába állították a tudósok rendületlenül, hogy az érzéki tapasztalat nem lehet a tudományos elmélet igazolásának legfontosabb kritériuma.

A fentieknek megfelelően már 1578-ban *Du Barias* (1544-1590) francia költő *A Hét vagy a Teremtés* című költeményében a mindennapi tapasztalatokból merített érveket felhasználva élesen bírálta a heliocentrikus rendszert. Nem sokkal később *George Buchanan* skót költő *(De Sphacera libri* V. 1591) Kopernikusszal vitázva azt állította, hogy ha a Föld forogna, a felületén található tárgyak feldőlnének. Az angol költőket az új elmélet más szempontból érdekelte. *John Davies* (1569-1626) és *Josuah Sylvester* (1563-1618) például költeményeiben leírta és dicsérte a heliocentrikus felfogást. *John Dome* (1572-1631) ellenben látva az új kozmológiai rendszer növekvő népszerűségét, nyugtalansággal jósolta meg annak világnézeti és filozófiai következményeit. Lényegesen kisebb érdeklődést mutatott több mint fél évszázaddal később a híres angol költ*6, John Milton* (1608-1674), aki 1666-ban *Az elveszett, paradicsom* (Paradise Lost) című művében terjedelmesen leírta a két egymással szemben álló világképet, azonban nem nyilatkozott, hogy a kettő közül melyiket tekinti igaznak, mert a problémát csak elvont tudományos vitának tartotta.

Sokkal sokoldalúbban, de szintén hozzá nem értően elemezte a heliocentrikus elméletet *Jean Bodin* (1530-1596), a híres francia történész és politikai író az 1596-ban kiadott *Universale natnrae theatrum* című művében. Bodin véleménye szerint Kopernikusznak nem volt igaza. Ha ugyanis elfogadjuk alapelveit, amely szerint a Földnek háromféle mozgása van, és ehhez még hozzáadjuk a középpont felé irányuló gravitációs mozgást, akkor el kell fogadnunk, hogy a Földnek négy természetes mozgása van. Ennek a feltevésnek azonban ellentmond a fizika minden alapelve, amely minden test részére csak egy mozgást enged meg. Ha a nehéz és tehetetlen Föld saját tengelye körül forogna és keringene a Nap körül, akkor minden mozgásánál romba dőlnének a házak, a városok, a hegyek. Az elmélet ezenkívül ellentétben áll a biblia kijelentéseivel is, amelyek szerint a Föld örökké áll. Bodin mindenekelőtt az arisztotelészi fizika és a mindennapos gyakorlat érveléseivel harcolt a heliocentrikus elmélet ellen, és minden különösebb nyomaték nélkül, csak mintegy zárójelben említette meg a bibliával való összeegyeztethetetlenséget. Rövidesen azonban éppen ez a kifogás lett a leglényegesebb. Nagymértékben hozzájárult ehhez *Giordano Bruno* tevékenysége.

E filozófus számára (akit teológiai nézeteiért 1600-ban máglyán elégettek) a heliocentrikus elmélet kiindulási pont volt fantasztikus kozmológiai elgondolása megteremtéséhez. A heliocentrikus rendszerből kiindulva, költői és látnoki erejével végtelenné tárta a világ kapuit, felvetette a világok nagyságának eszméjét, amely elkápráztatta a XVII. és a XVIII. századot, dicsőséget szerzett Kopernikusz elméletének, de ugyanakkor mivel felismerték ideológiai veszélyét mozgósította a teológiai ellentábort is. A világok nagyságának eszméje teológiai szempontból még sokkal veszélyesebb volt, mint a Föld mozgásának elmélete.

Nemcsak az ótestamentum sok részletének mondott ellent, de az újszövetség teljes szövegének is.

Nem csoda tehát, hogy e szempontnak megfelelően kezdték gyűjteni érveiket a kopernikuszi rendszer védelmezői. Igen jelentős ebből a szempontból *Edward Wright* (1558-1615) angol csillagász előszava *Wiíliam Gilbert* (1544-1603) mágnesség tárgyú híres könyvéhez *(De magnete,* London 1600). Wright véleménye szerint a Föld napi

mozgása tökéletesen megvilágítja az összes, eddig megmagyarázhatatlan csillagászati jelenséget. Az ellenvéleményekkel szemben logikus érvek is szólnak a Föld mozgása mellett: könnyebb feltételezni, hogy a kis Föld forog saját tengelye körül, minthogy az egész világmindenség forog a Föld körül őrült sebességgel. *„Frustra fit per plura, qnod fieri potest per patteiora”* (Felesleges volna a többel végeztetni azt, arai a kevesebbel is lehetséges), írja Wright. A természet nem követ el ilyen hibákat, mert gazdaságos és takarékos. Ezt az érvet, amelyet egyébként Kopernikusz III. Pál pápához írt ajánlásában is hangsúlyozott, hosszú éveken át hívták segítségül a heliocentrikus elmélet hívei. Sokszor anekdotákkal fűszerezték, mondván, hogy a szakács forgatja a pecsenyét a tűz körül és nem fordítva. Végül az ő sikerükkel ért véget a csillagászok vitája.

A természet gazdaságosságának, a világmindenség célszerűségének és harmóniájának elvét, amelyet Kopernikusz is megfogalmazott, egyre gyakrabban használták fel az új felfogás hirdetői ideológiai érvként is. Wright, Giordano Bruno, Galilei, Kepler, Bérulle, Muratori, Shiadccki és a heliocentrikus elmélet különböző hitvallású híveinek egyre nagyobb tábora kitartóan tökéletesítette azt a gondolatot, hogy csak Kopernikusz elmélete mutatja meg a teremtő teljes hatalmát és bölcsességét, csak ez tárja fel művének tökéletességét. Ezt a gondolatot körülbelül a XVIII. század közepén már az egész művelt társadalom elfogadta, összebékítve az új elmélet akkor már megingathatatlan vívmányait a biblia allegorikus értelmezését hallgatólagosan elfogadó teológiai tekintéllyel. Hosszú utat kellett azonban addig megtenni, amíg a heliocentrikus rendszert az új fizika, az új kozmológia és az új vallási értelmezés oltalmazta. A növekvő ellentétek 1616-ban elérkeztek csúcspontjukhoz, amikor a *De Revolutionibust* a tiltott könyvek listájára tették. Ez a tény Európában új fejezetet nyitott a kopernikuszi rendszer körül zajló vitákban.

E korszak tudósai fokozatosan gyűjtötték az új elmélet igazságának bizonyítékait, s bár még nem szűntek meg a viták, egyre több egyértelműen meggyőző érvet tudtak felsorakoztatni. A döntő győzelmet *Isaac Newton* (1642-1726) szerezte meg, ki 1687-ben kiadta a *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (A természetfilozófia matematikai alapelvei.) művét. Ettől az időtől

kezdve a newtoni mechanika elválaszthatatlanul a kopernikuszi csillagászathoz kapcsolódott. Ezért az 1687-es évet megállapodás alapján a tudományos viták legélesebb szakaszát lezáró időpontnak fogadjuk el. Természetesen még ez után is sok évtized telt el, amíg Newton és közvetlen elődei vívmányait minden tudományos és oktató központ a magáévá tette, amivel azután megszűnt a heliocentrikus rendszer körüli érdemi vita. Ettől függetlenül a XVII. század 90-és éveitől az új elmélet teljesen dokumentált tudományos tézis lett, és ettől kezdve hipotézisként beszélni róla a tudományos konzervativizmus bizonyítéka volt, vagy a tudományos ügyek teljes alárendelését jelentette az egyház határozatának.

A XVII. század végétől a vita egyre kifejezettebben ideológiai síkra tolódott át és egyre inkább felsorakoztatta most már nemcsak az elmélet továbbfejlesztőit, hanem a tudományos és kulturális tanok befogadóit is. A vitákban kialakult új helyzet szorosan kapcsolódik Galilei hírhedt peréhez.

1610-ben Galilei publikálta a *Sidereus Nuntius* (A bolygók hírnöke.) értekezését, amelyben közölte a távcső segítségével végzett csillagászati megfigyelései eredményeit. Ezek Kopernikusz rendszerének újabb bizonyítékai voltak. Felfedezte a Jupiter négy holdját, valamint megfigyelte a Venus fázisait, amelyek a bolygó Nap körüli forgását bizonyítják. 1613-ban ismét a távcső segítségével, Galilei a Nap felületén észlelte a napfoltok elmozdulását. Függetlenül a napfoltok felfedezésétől, amely az égitestek változatlanságáról és tökéletességéről szóló addig vallott nézet ellen szól, e foltok eltolódása a Nap saját tengelye körüli forgását mutatja, amely a Föld napi mozgásának megfelelője. Galilei nem csinált titkot felfedezéseiből, sőt ellenkezőleg, tanulmányok, társalgások, találkozások, levelezések útján a lehető legtöbb hívet akarta megnyerni igazságának. Ugyanakkor hevesen és szenvedélyesen támadta ellenfeleit, akiket zavarba hozott, sőt gyakran megharagított. Galilei ellenfelei professzorok voltak, akik Arisztotelész híveiként nem tudtak megbékülni az új fizikával, vagy katolikus papok, főként dominikánusok, akik azt hozták fel Galilei ellen, hogy szentírásnak ellentmondó nézeteket hirdet. A pápához közelálló körökben és a kardinálisok között olyan nagymértékben megerősödött a Galilei elleni támadás, hogy a tudós elhatározta álláspontjának kimerítő megindoklását. Ezt meg is tette *benedetto*

Castellihez intézett levelében 1613-ban, majd részletesebben 1615-ben *Christina di Lorena* toscanai hercegnőhöz írt levelében. Ezekben az írásokban Galilei azt bizonygatta, hogy a biblia allegorikusán beszél a világ rendszeréről. Ha így olvassuk szövegét, akkor Isten művének, azaz a természetnek valóságos helyzete és rendje nem áll ellentétben a szentírással, hiszen azt is Isten mondta tollba, és a nagy igazságok nem zárhatják ki egymást. Isten a szerzője mindkét könyvnek, a természet és a szentírás könyvének is. Isten nem mondhat önmagának ellent.

Hasonlóképpen értelmezte a biblia égboltról és Földről szóló részeit a karmeliták tartományfőnöke 1615-ben, Nápolyban kiadott értekezésében. Galilei éppúgy, mint *Foscarini* biztosította hűségéről a katolikus egyházat. A szentírást mindketten Isten szavának tartották, ugyanakkor meg voltak győződve a heliocentrikus felfogás igazáról.

Foscarini elküldte írását bírálatra Rómába a jezsuita *Roberto Bellarmine* (15421621) kardinálisnak, a teológiai és a tudományos haladás híres ellenzőjének. Bellarmine 1615. április 15-én kelt válaszában kifejtette a legfelsőbb egyházi vezetők álláspontját. A kardinális kijelentette, hogy Kopernikusz elméletét mindig olyan hipotézisként értelmezte, amely jobban megmagyarázza az égi jelenségeket, mint Ptolemaiosz rendszere. Az ilyen értelmezés nem veszélyes a hitre, ugyanakkor kielégítő a matematikusok számára; ha azonban természeti igazságként ismerik el, szembe kerülnek a skolasztikus filozófia és a teológia nézeteivel. Ha lenne is bizonyíték (Bellarmine véleménye szerint nincs), hogy a Nap *valóban* a középpontban van és a Föld *valóban* körülötte kering, akkor is nagy óvatosságot kellene tanúsítani a szentírás másképpen szóló részleteinek magyarázatánál. Bizonytalan helyzetben nem szabad elvetni a biblia szó szerinti értelmezését, amelyet az egyházatyák ajánlanak. Nem lehet tehát a partok csalóka eltávolodását, ahogyan a hajóval utazó látja, az égi jelenségekre általánosítani.

Látásunk tanúsítja, hogy a Föld áll, a Nap, a Hold és a csillagok pedig keringenek.

Foscarininek és így közvetve Galileinek adott válaszában Bellarmine nemcsak a szentírás szó szerinti értelmezésének elvét, hanem a hagyományos fizikát és az érzéki tapasztalatot mint a tudományos

elméletek igazságának bizonyítékát is védte.

Bellarmine fellépésének következménye a Szent Officium Cenzori Bizottsága 1616. február 24-én kiadott nyilatkozata, valamint a tiltott könyvek jegyzékét összeállító Index-Kongregáció 1616. március 3-án kiadott dekrétuma volt, ez utóbbi megtiltotta a katolikusoknak Kopernikusz művének olvasását mindaddig, amíg olyan helyesbítést nem csatolnak hozzá, amely a heliocentrikus elméletet hipotézisnek nyilvánítja.

Galileinek, akit értesítettek az egyházi hatóságok döntéséről, állítólag ígéretet kellett tennie, hogy semmiféle formában nem fogja terjeszteni a Föld mozgásáról szóló elméletet.

1623-ban pápává választották *Maffeo Barberinit,* aki az új tan iránt élénken érdeklődött. Galilei elhatározta, hogy újólag fellép a heliocentrikus rendszer védelmében. Egy beszélgetés során VIII. Orbán pápa többek között azt tanácsolta, hogy tervezett könyvét lássa el az új elgondolást hipotézisként magyarázó bevezetéssel és befejezéssel. Galilei látszólag így is járt el az 1632-ben kiadott *Dialogo sopra i due massimi sistemi dél tnond* (Párbeszéd a két fő világrendszerről.) című művében, amely, mint ismeretes, Kopernikusz elméletének igazságát bizonyítja, a csatolt bevezetés és befejezés pedig a heliocentrikus rendszert lehetséges feltevésként mutatja be. Természetesen az inkvizíció felismerte a ravaszságot. Bekövetkezett az ismert esemény, az akkor már 70 éves Galileit perbe fogták az 1616-ban kimondott tilalom megszegéséért. Az 1633. június 22-én kihirdetett ítélet Galileit nézeteinek nyilvános visszavonására kényszerítette, őt magát pedig felügyelet alá helyezte. Könyvét betiltották, és a heliocentrikus elméletet újólag megbélyegezték.

Az 1616-ban kiadott rendelet tilalma, amely a bibliával való alaki összeegyeztethetetlenségen és éles személyi vitákon alapult, 1633-ban kettőzött erővel éledt fel, és hosszú időre ránehezedett a katolikus világ Kopernikusszal és követőivel szemben elfoglalt álláspontjára.

Az egyházi tilalom sem tudta azonban meggátolni a tudósokat a heliocentrikus felfogás alkotó továbbfejlesztésében, és nem tudta megakadályozni egyre több könyv kiadását sem, amelyek

alátámasztották az elmélet tudományos igazságát és kimutatták a bibliai ellenérvek alaptalanságát. Ezekre a művekre válaszul a Kongregáció határozatának védelmezői, akik nemcsak a katolikus vallási körökből kerültek ki, a visszavágások valóságos lavináját indították el. Az ideológiai harcnak ebben a különösen éles korszakában azonban a protestánsok gyakran felhasználták a római Kongregáció tilalmát arra, hogy bizonyítsák a katolikus egyház gátló szerepét a tudomány fejlődésében. A katolikusok ellenben támadásaikban eretnek tanoknak nevezték a heliocentrikus rendszert. Ezek természetesen mindkét részről valóságot nem fedő propagandafogások voltak.

A heliocentrikus felfogást természetesen viszonylag szabadabban hirdették a korabeli tudományos központokban, hiszen a rendszernek kiváló katolikus védelmezői is voltak (Descartes, Fontenelle). Mégis gyakran kényszerültek ők is arra, hogy nézeteiket különböző fortéllyal álcázzák, amelyeket egyébként a kortársak azonnal megértettek. A két rendszer hívei nem annyira vallási hovatartozásuk szerint oszlottak meg, a választóvonal inkább a matematikusok és a különböző vallású teológusok között húzódott. Nem csoda, hogy éppen ekkor váltak jellemzővé a csillagászok vitái a teológusokkal.

A csillagászoknak (Filip és Jakub Lansberg, A. Deusing, D. Lipstorp) az új elméletet védő írásaival szemben a teológusok (L. Fromondi, M. Imhofer) a jól ismert és sokszor ismételt érvekkel léptek fel: ellentmondás a szentírás szó szerinti értelmezésével, ellentmondás az arisztotelészi fizikával és az érzéki tapasztalattal.

Néhány tudós,főként ajezsuiták(például A.Kircher, Ch. Schciner, G. B. Riccioli) főleg ideológiai okokból újra megkísérelték az új csillagászati megfigyelési eredményeket az általános geocentrikus felfogással összekapcsolni. A függetlenebb csillagászok azonban egyre gyakrabban nyilatkoztak a heliocentrikus rendszer mellett, azzal érvelve, hogy a tudomány fejlődése az utolsó száz év alatt nem hogy nem vetette el Kopernikusz elméletét, hanem ellenkezőleg, támogatta, és egyre újabb és meggyőzőbb bizonyítékokkal támogatja.

Az ideológiai nyomás azonban olyan nagy volt, hogy még a tudomány legkiválóbb egyéniségei is kénytelenek voltak burkolt

formában előadni mondani valójukat.

Ebből a szempontból jellemző *Descartes* magatartása, aki 1644-ben Amszterdamban adta ki *Principia philosophie* (A filozófia alapelvei.) című művét.

A nagy filozófus a heliocentrikus elméletet csak részben ismerte el igaznak művében; elfogadta ugyanis a Nap központi helyzetét a bolygókhoz viszonyítva, elvetette azonban a Föld saját mozgását. Azt állította, hogy a Föld, a többi bolygóhoz hasonlóan az éterben helyezkedik el, annak descartesi örvénylő mozgása tartja fenn, de közben a Föld mozdulatlan marad. A Föld mozgására vonatkozó hipotetikus és Kopernikusznak látszólag ellentmondó nézete megfogalmazására természetesen döntő hatással volt Galilei perc.

Ismeretes Descartes 1633-as levele, amelyben leírta, hogy filozófiájának alapja a heliocentrikus elméletből következik, és kérte *Marin Mersenne-t,* tudósítsa őt, mi az inkvizíció állásfoglalása e kérdésben. Amikor a tudós értesült Galilei elítéléséről, Mersenne-hez intézett következő levelében, 1634 áprilisában kérte, hogy vonják vissza a nyomdából *Le motide* című művét, amelyben nyíltan hirdette a Föld mozgásának elvét. Azt is megírta, hogy nem akar ellenséget szerezni, valódi nézeteit inkább elrejti.

Descartes kibúvóját tulajdonkeppen mindkét vitatkozó fél megértette, hiszen a filozófust kivételesen egybehangzóan az új elmélet legszilárdabb hívének tartották. Valóban mindenekelőtt az arisztotelészi nézetek Descartes-féle elvetéséből kiindulva lehetett elfogadni és kifejleszteni a kopernikuszi kozmológiát.

A XVII. század második felében a heliocentrikus elmélet mindinkább a kutatók tudományos világnézetének elválaszthatatlan eleme lett. Így például egész természetesen és kételkedés nélkül fogadta el a kopernikuszi bolygórendszert Thomas Hobbes az *Elementorum philosophiae* (A filozófia elemei.) című híres művében (1655). A vita azonban még nem ült el egészen. Teljesen időszerű problémaként tárgyalta *Robert Hooke* (1635-1703) híres angol matematikus, fizikus és biológus, aki 1670-ben írta jellegzetes című értekezését: *An attempt to prove the motion of the Earth by observatiotis* (Kísérlet a Föld mozgásinak bizonyítására megfigyelés utján.) *(London,* 1674). Hooke csak tudományos érveket idéz,

kigúnyolva a vitatkozókat, akik tudatlanságuk és a különböző előítéletek miatt nem tudják megmagyarázni még a Föld mozgását sem. A tudósok többsége azonban kellően értékelve a vallási érvek súlyát, a vita tágabb síkját fogadta el.

így járt el *Peter Megerlin* baseli csillagász és matematikus is, aki terjedelmes könyvet adott ki *Systema mundi Copernkanutn argumentis itvctis demonstratum et conciliatum theologiae.* (A kopernikuszi világrendszer érvekkel való védelme és a teológiával való összeegyeztetése.) (Amszterdam, 1682) címmel. Ebben éppúgy bebizonyította a heliocentrikus rendszer igazságát, mint annak a biblia természetesen allegorikusán értelmezett utalásaival való egyezését.

A heliocentrikus rendszer nagyobb népszerűségét azonban nem a tudományos értekezések hozták meg, hanem *Bernard de Bovier de Fontenelle* (1657-1757) tehetséges író és a tudományok népszerűsítője könnyed és fesztelen *Entretiens sur lapluralite des mondes* (Beszélgetések a világok sokaságáról.) (Párizs, 1686) című műve. A szerző hipotetikusan mérlegelve az egyéb csillagrendszerek létezésének lehetőségét, kiindulási pontként elfogadta Kopernikusz elméletét, amelyet világosnak és logikusnak, a természet célszerű és takarékos felépítésével egyezőnek minősített. Fontenelle megismételte és kifejlesztette Kopernikusz, Wright stb. érvét, amely szerint a logikus heliocentrikus rendszer győz meg legjobban a teremtő bölcsességéről. Ez a motívum a későbbiekben egyre gyakrabban tűnik fel, ez képviseli a már elfogadott kopernikuszi rendszer ideológiai értelmezését. Fontenelle érvelései több mint száz éven át sem veszítették el aktualitásukat, hiszen 1789-ig, amikor a mű német fordítása megjelent, már 12 francia, 4 angol, 2 orosz és 1 lengyel nyelvű kiadása volt. A kiadások és fordítások mennyisége a legmeggyőzőbben bizonyítja nemcsak a „beszélgetés” forma érdekességét, de a probléma elevenségét is, amely lankadatlan erővel lelkesítette az olvasók három nemzedékét. Egyúttal tanúsítja a hagyományos kozmológiai elképzelések megalapozottságát is.

III. A HELIOCENTRIKUS ELMÉLET KÖRÜLI VITÁK BEFEJEZŐ SZAKASZA (1687-TŐL A XVIII. SZÁZAD VÉGÉIG)

A XVIII. század közepén a csillagászatban és a fizikában óriási

eredmények születtek, amelyek megkoronázása s mintegy törvénybe foglalása Newton munkássága. Ezt az időszakot fordulópontnak tekinthetjük a heliocentrikus elmélet tudományos elfogadásában. A tudományban lehetetlenné vált a geocentrikus elképzelés.

A XVII. század tudósai még tökéletesebb világképet teremtettek, amely azonban nem maradt a saját kizárólagos tulajdonuk. A középiskolákban és az egyetemeken még mindig a világmindenség arisztotelészi magyarázatát és Aquinói Szent Tamás filozófiáját tanították, de a művelt emberek megváltoztathatták nézeteiket a természettudományok legújabb vívmányait népszerűsítő irodalom és főként a XVII-XVIII. század fordulóján annyira divatos descartes-i filozófia hatására. Megváltoztathatták, de ezt nem mindig tették, sőt azt mondhatjuk, igen ritkán változtatták meg nézeteiket.

A XVII. század végén és a XVIII. század elején még folytak elkeseredett viták a heliocentrikus rendszerről, de más szinten és más fokon, mint korábban, és a vitapartnerek is más emberek voltak. A csak kutatással foglalkozó tudósok számára, akik nem oktattak, és így nem kötelezték őket az elavult kozmológiai elmélet ismertetésére, ez a vita már tárgytalan volt. Változatlanul azok keltek a heliocentrikus rendszer védelmére, akiknek legfontosabb az elmélet és a biblia összeegyeztetése volt.

Az iskolákban, főleg ahol szerzetesek tanítottak, egyre többet beszéltek a heliocentrikus elméletről és magyarázták alapelveit, de továbbra is olyan hipotézisként kezelték, amely előnyös a csillagászati számításoknál, s csak a biblia néhány részletével való összeegyeztethetetlensége az egyetlen ok, amiért nem ismerik el természeti igazságnak. A vita utolsó szakában annak kimutatására törekedtek, hogy Kopernikusz tanai összhangban vannak a szentírással, és nemcsak ateizmushoz nem vezetnek, hanem tökéletességükkel és harmóniájukkal Isten jobb megismeréséhez és dicsőítéséhez segítenek hozzá.

E törekvések jellegzetes képviselője volt *Ludovico Antonio Muratori* (1672-1750) katolikus pap, kora ismert történésze és vallási írója. Muratori a reneszánsz eszméit kedvelő olasz papok közé tartozott. Az 1714-ben kiadott *De ingeniorum moderatione in religionis negotio* (A szellem mérsékléséről vallási ügyekben.) című könyvében a katolikus vallási szertartásokban és az új tan értelmezésében

előforduló túlzásokat ostorozta. Muratori művét fordulópontnak tekinthetjük, amelyet közel 100 év választ el Galilei és Foscarini hasonló megnyilatkozásaitól. A közbenső időkben ugyanis az elméletnek csak más vallású hívei hirdették a szentírás „tudományos” részeinek allegorikus magyarázatát. Most katolikus pap állt ki e nézetek mellett, aki egyebek között az egyház érdeke nevében követelte, hogy a heliocentrikus elméletről távolítsák el az eretnekség bélyegét.

Természetesen Muratori értekezése nem idézhetett elő azonnali és általános fordulatot a biblia értelmezésében. Továbbra is sok katolikus és sok protestáns látta még a biblia régóta idézett részleteiben Kopernikusz elmélete helytelenségének nyilvánvaló bizonyítékát.

A XVIII. század harmincas éveiben és még később is, a heliocentrikus rendszer körüli vitában újabb művek születtek, ezek azonban az idők múlásával egyre inkább korszerűtlenné váltak. Többször előfordult, hogy összekapcsolták a heliocentrikus elméletet az új természettudományok és a descartes-i filozófia egész problémakörével. Kopernikusz elmélete ugyanis a reneszánsz által hirdetett új tudományos világnézet egyik elengedhetetlen eleme lett. A konzervatív körök ellenállása az egész újkori tudomány ellen folytatott harc része lett, amely a XVIII. század második felében már csaknem teljesen eredménytelen volt a társadalom művelt rétegében.

Ettől az időtől kezdve a katolikus értelmiségi körökben is egyre jobban elterjedt a biblia allegorikus magyarázatának gondolata, amelyet Muratori javasolt. Ezzel végre napirendre térhettek a heliocentrikus elmélet és a szentírás betű szerinti értelmezése között fennálló ellentmondás felett. Ezeket a törekvéseket segítette XIV. Benedek pápa ismert dekrétuma. A katolikusok elismerték az új világképet, a csillagászat és a fizika eredményeit Isten bölcsességének és a természet harmonikus felépítésének bizonyítékaként fogadták el. Csak ekkor ült el teljesen a kopernikuszi elmélet miatt támadt hatalmas vita.

BIBLIOGRÁFIA

(JERZY DOBRZYCKI VÁLOGATÁSA)

A kopernikuszi irodalom viszonylag legteljesebb jegyzéket Henryk Baranowski Varsóban 1958-ban kiadott *Kopernikuszi bibliográfia 1509-Í955* című munkája tartalmazza, amely közel 4000, 1955-ig publikált címet sorol fel. Az újabb irodalomhoz értékes kiegészítés E. Rosen: *Thrce Copernican Treatises* című művének „Adnotated Copernican Bibliography” része (New York, 1959).

1972-ben megjelent a Baranowski-félc *Bibliográfia* kiegészítése, amely az 1955 utáni irodalmat öleli fel. Az alábbiakban megadott válogatásban a zárójelben levő számok a Baranowski által megadott számozásnak felelnek meg.

KOPERNIKUSZ MŰVEINEK LEGFONTOSABB KIADÁSAI ÉS FORDÍTÁSAI

DE REVOLUTIONIBUS Az eredeti kézirat a krakkói Jagelló könyvtárban található.

Az eredeti kézirat reprodukciója:

1. *Gesamtausgabe.* v. F. Kubach München Bd. 1. *Opus de Revolutiotiibus coelistibus mami propria* Facsimile-Wiedergabc. 1944. (130).

2. *Opera omnia* 1. kötet Facsimile, Varsó, 1972.

A latin szöveg kiadásai:

1. *De Revolutionibus orbiurn coelestium libri VI.*

Nürnberg, 1543, J. Petrcius (196)

Reprodukciók: Párizs, 1927 (101).

Amszterdam-Torino, 1943 (126)

Leipzig, 1965 (példány a Kepler könyvgyűjteniényből).

Brüsszel, 1966.

2. *De Revolutionibus orbiurn coelestium libri VI.*

Basel, 1566, Officina Hcnricpctrina (4)

Reprodukció: Prága, 1971 (példány a Tycho Brahe könyvgyűjteményből).

3. *Astronomia instaurata libri sex comprehensa, qui de Revolutionibus orbiurn coelestium inseribuntur.* Ed. N. Mulerius.

4. *De Revolutionibus orbiurn coelestium libri sex.*

Ed. J. Baranowski, Varsó, 1854 (27)

(A cím és a szöveg is lengyel nyelvű. Ebben a kiadásban adták ki először Ko196

pernikusz I. Könyvhöz írott előszavát, amelyet az előző kiadásokban elhagytak. A varsói kiadás Kopernikusz kisebb írásait is tartalmazza).

5. *De Revolutionibus orbiurn coelestium libri VI.*

Curavit Societas Copcrnicana Thorunensis. Tortuí, 1873 (45).

6. *Gesamtausgabe.* München Bd 2. *De Revolutionibus orbiurn coelestium libri sex.* Ed. Fr. Zeller, e. Zeller 1949 (136).

7. *De Revolutionibus orbium coelestium liberprimtis.* Ed. R. Gansiniec, A. Birkenmajer. Varsó, 1953 (142)

(Kiadás és lengyel nyelvű fordítás csak az I. Könyv 11. fejezetéig.)

Fordítások:

Lengyel:

- fordító: J. Baranowski, Varsó, 1854 (latin szöveggel közös kiadás) (27) -fordító: M. Brozek, magyarázat: L. A. Birkcnmajer, Varsó, 1953 (az

I. Könyv latin szövegével közös kiadás (142).

Német:

- fordító és magyarázat L. e. Menzzer *Über die Kreisbcwegungen dér IVeltkó'rper* Torun, 1879 (56).

Utánnyomás: Leipzig, 1939 (124).

Francia:

- fordítás és magyarázat A. Koyré *De Revolutionibus des orbes célestes.* Párizs, 1934 (Az I. Könyv fordítása all. fejezetig) (105); II. kiadás Párizs, 1970.

Angol:

-fordító: e. G. Wallis. OH *the Revolutions of the Haevenly Spheres* Chicago, 1952 (138 a).

- fordító: J. F. Dobson, S. Brodctsky *De Revolutionibus. Preface and Book* I. Occasional Notes, Royal Astronom. Soc. No *10,* 1947 (134).

Orosz:

- fordító és magyarázat: J. N. Veselovszkij o *6paiije/nt?ix Hedecnbix erfiep* (O vrascsenyijah nyebesznyih szfer) Moszkva, 1964.

Spanyol:

- fordító: M. Taguena Lacortc, e. Moreno Catíadas *Revolutioncs delas órbitas celestes* México, 1959.

DE LATERIBUS ET ANGULI TRIANGULORUM ... LIBELLUS

Witteiiberg, 1542, J. Luft. (Trigonometria) (2).

KOPERNIKUSZ EGYÉB CSILLAGÁSZATI ÍRÁSAI

Csupán a XVI. századi leírásokban maradt fenn kct rövid értekezés:

1. *De hypothesibus motuum coelestium a se constitutis commentariolus*

Latin szövegű kiadások:

- *Inedita Copemicana* című műben Ed. M. Curtze, Torun 1878. Cop. Ver. I (55).

- *De hypothesibus* ... Ed. A. Lingbagen, Stockholm, 1881.

Svenska vet Akad. Handlingar Bd. 6 No *12* (58).

- L. Prowe: *Nicolaus Copernicus* című műben Bd. 2. Berlin, 1884 (63).

- *Erster Entwurf seines Weltsystems* című műben Ed. F. Rossmann, München, 1948 (135). (Latin szöveg a német fordítással együtt).

Angol fordítás:

- E. Rosen: *Three Copernican Trcatises* című műben New York, 1959.

2. *De octava sphaera contra Wemerum* Rev. Doni. Bernardo Wapowski (Levél Wapowskilioz címen ismeretes).

Latin szövegű kiadás:

- *De Revolutionibus*... című műben Varsó, 1854 (27).

- L. Prowe: *Nicolaus Coppernicus* című műben, Bd. 2, Berlin, 1884 (63).

- E. Rosen: *Three Copernican Treatises* című műben New York, 1959.

KÖZGAZDASÁGI ÍRÁSOK

1. *Monetae cudetulae ratio* Latin szövegű kiadás:

Dissertatio de optima monetae cudendae ratione, anno MDXXVI *scriptammc primum ex eius autographo typis vulgata* Ed. F. Bentkowski, Varsó, 1816, Pamigtnik Warszawski (Varsói Emlékköny), V. kötet és különlenyomat (10) (cím és a szöveg lengyelül).

- *De Revolutionibus* című műben, Varsó, 1854 (27).

- L. Prowe: *Moimmenta Copemicana* című műben, Berlin, 1873 (46)

- *Spicilegium Copernicamm* című műben Ed. F. Hipler, Braunsberg, 1873 (48).

- *Rozprawy o monecie i inne pisma ékonomiczne*... című műben J. Domochowski, Varsó, 1924 (96) (cím és szöveg latin és lengyel nyelven).

Fordítások:

Lengyel:

- *Dissertatio de optima monetae*... Varsó, 1816 (10).

- *Rozprawy o monecie*... Varsó, 1924 (96).

Francia:

- fordító: W. Zóltowski, az: *Écrits notables sur la monnaie* című műben Párizs, 1934,1. kötet (106).

Angol (részletek):

- j. Tayior: *Copernicus on the evils of inflation* című műben London, 1955, Journ. Hist. of Idcas, 5. kötet.

2. Pénzügyi tanulmányának az 1517., 1519. és az 1522. évekből származó, korábbi változatait jelentették meg:

- *Acta Tomiciana* V. kötet 167., 169. old. (az 1517-ből származó változat).

- A. Birkenmajer: *Stromata Copemicana,* Krakkó, 1924 (492).

- *Rozprawy o monecie*... című műben Varsó, 1924 (lengyel fordítással együtt) (96).

-*Spicilegium Copernicamm*... című műben, Braunsberg, 1873 (48) (az 1519. és 1522. évekből származó változat).

KOPERNIKUSZ EGYÉB SZÖVEGEI

Az eredetiek a krakkói, olsztyni, göttingeni, stockholmi könyvtárakban és archívumokban találhatók meg.

Latin szövegek kiadásai:

- *De Revolutionibus...* című műben, Varsó, 1854 (27).

- L. Prowe: *Monumenta Copemicana* című műben, Berlin, 1873 (46).

- *Spicilegium Copernicamm* című műben, E. F. Hiplcr, Braunsberg, 1873 (48).

- M. Biskup művében:

Nowe materialy do dzialalnosci publicznej Mikolaja Kopertiika z lat 1512-1537, Studia i Materialy z Dziejów Polskiej Seria e, 15. füzet, 1971.

SIMOCATTA THEOPHYLACTUS SCOLASTICUS. EPISTOLAE MORALES, RURALES ET AMATORIAE. GÖRÖGBŐL LATINRA FORDÍTOTTA NICOLAUS KOPERNIKUSZ

- latin nyelvű kiadás: Krakkó 1509, J. Haller (1)

- kopernikuszi fordítás facsimiléje, görög és latin szöveg, összeállította R. Gansiniec; lengyel fordító: J. Parandowski, Varsó, 1953 (139).

KOPERNIKUSZRA VONATKOZÓ LEGFONTOSABB MŰVEK

1. L. Prowe: *Nicolaus Copemicus* Berlin, 1883-1884. (1-2 kötet) (429).

2. L. A. Birkenmajcr: *Mikotaj Kopernik* Krakkó, 1900, 1. rész (449).

3. L. A. Birkentnajer: *Stroinata Copemicana* Krakkó, 1924. (492).

4. Th. S. Kulin: *The Copernican Revolution* Cambridge, 1957.

5. J. R. Ravetz: *Astronomy and Cosmology in the Achievement of Nicolaus Copernicus* Wroclaw-Varsó, 1965.

6. J. Dobrzycki-L. Hajdukiwcicz: *Mikolaj Kopernik,* a *Polski Slownik Biografczny* című műben XIV. kötet, 1. füzet Wroclaw-Varsó-Krakkó, 1968.

7. E. Rosen: *Nicolaus Copemicus* a *Dictionary of Scientifc Biography* című műben III. kötet, New York, 1971.

8. L. A. Birkenmajer: *Etudes d'lúslorie des sciences en Pologne* Varsó, 1971. Studia Copernicana IV. kötet. (A közlemény Kopernikuszra vonatkozó tanulmányokat is tartalmaz.)

9. M. Biskup: *Regesta Copernicana* (Wroclaw, 1972).

SZERZŐK

Dr. Stanislaw HERBST (1907-), a Varsói Egyetem rendes professzora, a Varsói Egyetem Lengyelország Újkori Történeti Intézetének vezetője, a Lengyel Történeti Társaság elnöke. Történész, kultúrtörténeti és várostörténeti kutató.

Dr. Jerzy DOBRZYCKI (1927-), a Lengyel Tudományos Akadémia Tudományés Technikatörténeti Intézetének docense. A Kopernikusz Bizottság helyettes vezetője. Csillagász, csillagászattörténész, Kopernikusz életművének kiváló ismerője.

Dr. Alekszander BIRKENMAJER (1890-1967), professzor, a legkiválóbb lengyel Kopernikusz-kutató, tudománytörténész, könyvszakértő.

Dr. Wlodzimierz ZONN (1905—), a Varsói Egyetem professzora, a Varsói Egyetem Csillagászati Intézetének igazgatója. Csillagász, a csillagászat ismeretterjesztője.

Dr. Leopold INFELD (1898-1968) professzor, híres elméleti fizikus. Sok éven át Albert Einstein munkatársa volt.

Dr. Waldemar VOISE (1920-), rendkívüli tanár, a Lengyel Tudományos Akadémia Tudományés Technikatörténeti Intézetének helyettes vezetője. Ismert metodológus, tudománytörténész.

Dr. Bogdán SUCHODOLSKI (1903-), professzor, a Lengyel Tudományos Akadémia Tudományés Technikatörténeti Intézetének vezetője, a Lengyel Tudományos Akadémia rendes tagja, kiváló pedagógus és kultúrtörténész.

Dr. Edward LIPINSKI (1888-), professzor, a Varsói Egyetem nyugalmazott tanára, a Lengyel Tudományos Akadémia rendes tagja, a Lengyel Közgazdasági Társaság tiszteletbeli elnöke, kiváló közgazdász, közgazdaságtan történész.

Dr. hab. Barbara BIENKOWSKA (1934-), a Varsói Egyetem adjunktusa, a Varsói Egyetem Könyvtárismereti Intézetének igazgatója, kultúrtörténész.